



Tatiana Leitão da Silva

Licenciatura em Ciências da Engenharia

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO- ECONÓMICO DO APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS EM SISTEMAS PREDIAIS

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Perfil de Construção

Orientadora: Ana Cristina Ramos de Freitas, Mestre em
Construção, Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Nuno Manuel da Costa Guerra
Arguente: Prof. Doutor Miguel José das Neves Pires Amado



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Novembro de 2012

“Copyright” Tatiana Leitão da Silva, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a todos os que contribuíram para a elaboração deste longo trabalho, pela ajuda, apoio e compreensão.

À minha orientadora, a Professora Ana Cristina Freitas, pela orientação nos momentos mais complicados, pelo incentivo e pela disponibilidade.

Ao Engenheiro Manuel Duarte Pinheiro, ao Sr. Dr. Carlos Paiva, Diretor-Geral dos SMAS de Oeiras e Amadora, à D. Helena Gaspar, ao Prof. Dr. Armando Silva Afonso, da Anqip, à Engenheira Inês Santos, da Ecodepur, à Engenheira Cristina Diniz, dos SMAS de Sintra, ao Eng. Vítor Simões, da Ecoágua, ao Eng. Filipe Baptista, ao Eng. Luís Baptista, da *Acqua Business*, à Engenheira Elisabete Bertolo, à Engenheira Maria do Céu Almeida, do LNEC, ao SNIRH e aos Engenheiros Helena Saramago e Marco Simões, dos SMAS Oeiras e Amadora, por todo o tempo disponibilizado para me ajudarem e por toda a informação que me transmitiram e que foram fulcrais para a elaboração deste trabalho.

Aos meus queridos colegas e amigos, pelo apoio nos momentos mais complicados e pela amizade e companheirismo.

Aos meus pais, Justino e Carmen, à minha irmã Irina e ao meu sobrinho Diogo, por me mostrarem o significado da família e pelo apoio incondicional ao longo de todo o curso.

Por fim, mas não menos importante, ao Duarte Ferreira, por ser quem é e pela paciência e amor demonstrados durante esta fase.

Resumo

A água tem vindo a tornar-se um recurso cada vez mais escasso, apesar de ser um bem essencial e valioso à vida humana, devido a uma procura cada vez maior para satisfazer o aumento demográfico, da agricultura e da indústria.

O aproveitamento de águas pluviais e cinzentas é uma medida que reduz o consumo de água potável em situações em que a mesma não é necessária, como regas de jardins, lavagens e descargas de autoclismos, apresentando assim vantagens a nível ambiental e económico. Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) e de águas cinzentas, ainda não são muito utilizados em Portugal, apesar de nos países desenvolvidos que apresentam maior escassez do recurso água, serem já comuns.

A presente dissertação tem como objetivo analisar os benefícios económicos e ambientais da implementação de diferentes sistemas de aproveitamento de águas pluviais e cinzentas. É feita uma análise a nível global e uma síntese histórica, descrevendo algumas situações em que estes sistemas são utilizados. Será feita uma análise dos constituintes e materiais a utilizar nestas soluções, do seu dimensionamento e exigências a cumprir na sua implantação, bem como os requisitos de qualidade da água, tendo em conta a legislação em vigor.

Serão apresentados três casos de estudo, dois tipos de edifícios diferentes, na mesma zona e uma escola numa localidade diferente. Em cada edifício serão estudados diferentes equipamentos pré-fabricados disponíveis no mercado, sendo, por fim, comparados em termos de viabilidade económica, através de um orçamento para cada caso.

Palavras-chave: águas pluviais, águas cinzentas, reservatório, SAAP, SPRAC, viabilidade

Abstract

Water has become an increasingly scarce resource, despite being essential and valuable to human life, due to a growing demand to meet population, agriculture and industry growth.

Rainwater harvesting and grey water reuse are great ways to reduce potable water consumption in situations where it isn't necessary, such as irrigation, washing cars and pavements and flushing toilets, and thus has environmental and economic advantages. Rainwater Harvesting Systems (RHS) and greywater reuse aren't yet widely spread in Portugal, although these systems are already common in most developed countries with water shortage.

This dissertation aims to analyze economic and environmental benefits due to implementation of different rainwater harvesting systems and grey water reuse. A global analysis and a historical review describing some situations in which these systems are used were conducted. There will be an analysis of the components and the material to be used in these solutions, as well as the design and all the requirements needed in the implementation, and also water quality requirements, considering the legislation.

Three case studies will be presented, two different types of buildings, in the same area, and a school in a different location. In each building several prefabricated equipments available on the market will be studied, and finally compared in terms of economic feasibility, using budgets provided by several companies for each case.

Key Words: rainwater, grey water, tank, SAAP, SPRAC, feasibility

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Estrutura da dissertação.....	2
2.	Estado da Arte.....	3
2.1	A Água e o Meio Ambiente.....	3
2.2	Crise Global da Água.....	3
2.3	Procura e Consumo de Água em Portugal.....	6
2.4	Consumo Doméstico de Água em Portugal.....	9
2.5	Aproveitamento de Águas Pluviais.....	11
2.5.1	Conceito de Aproveitamento de Águas Pluviais.....	11
2.5.2	Vantagens e Desvantagens do Aproveitamento de Águas Pluviais.....	12
2.5.3	Qualidade da Água Pluvial.....	13
2.5.4	Potenciais Usos da Água Pluvial.....	16
2.5.5	História do Aproveitamento de Águas Pluviais.....	16
2.5.6	Exemplos Atuais de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais.....	20
2.5.7	Legislação e Normalização.....	29
2.5.8	Caracterização da Pluviosidade em Portugal.....	33
2.6	Aproveitamento de Águas Cinzentas.....	34
2.6.1	Conceito de Aproveitamento de Águas Cinzentas e Potenciais Usos.....	34
2.6.2	Benefícios do Aproveitamento de Águas Cinzentas.....	34
2.6.3	Qualidade das Águas Cinzentas.....	35
2.6.4	Legislação, Normalização e Diretivas.....	36
2.6.5	Exemplos e Estudos Sobre a Reutilização de Águas Cinzentas.....	47
3.	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP).....	59
3.1	Descrição Geral dos SAAP.....	59
3.2	Superfície de Recolha.....	59
3.2.1	Coberturas Metálicas.....	60
3.2.2	Coberturas em Madeira.....	61
3.2.3	Coberturas em Fibrocimento e Amianto.....	61
3.2.4	Coberturas à Base de Telhas de Cimento ou Argila.....	61
3.2.5	Coberturas com Telhas de Asfalto.....	61
3.2.6	Pinturas e Proteções para as Coberturas.....	61
3.3	Órgãos de Condução.....	62
3.4	Filtração e Dispositivos de Primeira Lavagem (First <i>Flush</i>).....	63
3.4.1	Filtração.....	63
3.4.2	Dispositivos de Primeira Lavagem.....	63
3.5	Reservatório de Armazenamento.....	66
3.5.1	Localização do Reservatório.....	67

3.5.2	Materiais do Reservatório	68
3.5.3	Volume do Reservatório.....	72
3.5.4	Instalação do Reservatório.....	76
3.6	Bombagem.....	79
3.7	Tratamento.....	80
3.7.1	Filtração de Sedimentos.....	80
3.7.2	Cloração	80
3.7.3	Radiação Ultravioleta.....	81
3.8	Qualidade da Água e Manutenção	81
3.8.1	Qualidade da Água	81
3.8.2	Manutenção da Qualidade da Água	82
4.	Sistemas Prediais de Reciclagem ou Reutilização das Águas Cinzentas (SPRAC).....	83
4.1	Descrição Geral dos SPRAC	83
4.2	Sistemas de Reutilização Direta.....	84
4.3	Sistemas de Desvio	85
4.4	Sistemas de Tratamento Físicos e Químicos	86
4.5	Sistemas Biológicos.....	87
4.6	Sistemas Bio Mecânicos.....	89
4.7	Acessórios, Tubagens, Reservatórios e Bombas	90
4.8	Medidas de Inspeção e de Manutenção dos SPRAC	91
4.9	Sistemas Integrados de Águas Cinzentas e de Águas Pluviais.....	91
5.	Caso de Estudo.....	93
5.1	Uso de Dispositivos Eficientes	93
5.1.1	Autoclismos	94
5.1.2	Chuveiros	95
5.1.3	Torneiras de Casa de Banho.....	95
5.1.4	Máquina de Lavar Roupa.....	96
5.1.5	Torneiras de Serviço e Rega.....	96
5.1.6	Quadro-Resumo	96
5.2	Aproveitamento de Águas Pluviais.....	98
5.3	Dados de Base da Precipitação	98
5.4	Cálculo do Volume do Reservatório	99
5.4.1	Método de Rippl.....	99
5.4.2	Método Simplificado Alemão.....	101
5.4.3	Método Simplificado Espanhol	101
5.4.4	Método Prático Inglês	102
5.4.5	Método Prático Brasileiro	102
5.4.6	Método de Análise de Simulação	103
5.4.7	Cálculo do Volume do Reservatório da Habitação Multifamiliar com Aproveitamento de Água Pluvial Para Autoclismos.....	106
5.4.8	Cálculo do Volume do Reservatório para a Escola Secundária de Rio Maior	109
5.5	Reutilização de Águas Cinzentas.....	111
5.5.1	Habitação Unifamiliar e Multifamiliar.....	111

5.5.2	Escola Secundária de Rio Maior	112
5.6	Conclusão do Capítulo.....	113
6.	Análise Económica.....	115
6.1	Tarifário do Consumo de Água da Rede	115
6.2	Custo dos Sistemas.....	118
6.2.1	Volume do Reservatório de Armazenamento de Água Pluvial	118
6.2.2	Orçamento para SAAP.....	118
6.2.3	Instalação do SAAP	121
6.2.4	Orçamento para SPRAC	122
6.2.5	Instalação do SPRAC	123
6.2.6	Orçamento para sistema misto.....	124
6.2.7	Custo total da instalação de um SAAP, de um SPRAC e de Sistema misto	125
6.3	Análise Económica dos Sistemas	125
6.3.1	Benefícios e Custos	125
6.3.2	Retorno sobre investimento.....	126
6.3.3	Análise de Investimentos	127
6.3.4	Aplicação ao Caso de Estudo	129
6.4	Conclusão do Capítulo.....	141
7.	Conclusões	143
8.	Recomendações e Perspetivas Futuras de Desenvolvimento	147
	Referências Bibliográficas.....	149
	ANEXOS.....	157

Índice de Figuras

Figura 2.1 – <i>Stress</i> hídrico. Cenário para 2025 segundo o World Water Council.....	4
Figura 2.2 - Disponibilidade de água doce no mundo	5
Figura 2.3 - Qualidade da água doce na Europa, consoante presença de azoto (mg N/L)	6
Figura 2.4 - Distribuição do consumo em volume pelos setores urbano, agrícola e industrial	7
Figura 2.5 - Distribuição do custo efetivo da utilização de água	7
Figura 2.6 - Distribuição do consumo urbano	8
Figura 2.7 - Distribuição do consumo urbano de água por regiões.....	8
Figura 2.8 - Distribuição dos usos estritamente urbanos e perdas	9
Figura 2.9 - Percentagem de população servida com abastecimento público de água de 1990 a 2009	9
Figura 2.10 - Estrutura do consumo doméstico de água com e sem usos exteriores.....	10
Figura 2.11 - Ruínas Anasazi, no Parque Natural de Mesa Verde, EUA	17
Figura 2.12 - Pedra Moabita.....	17
Figura 2.13 - Cisterna da fortaleza de Massada, Jerusalém	18
Figura 2.14 - Castelo dos Templários, Tomar.....	19
Figura 2.15 - Poço-Cisterna	19
Figura 2.16 - Tanque, na Fonte do Mato, Graciosa.....	20
Figura 2.17 - Sistema Prochuva	23
Figura 2.18 - Reservatório em madeira no Havai, EUA.....	24
Figura 2.19 - Reservatório numa habitação, Austrália.....	24
Figura 2.20 - Rojison, sistema utilizado a nível comunitário, Tóquio, Japão	25
Figura 2.21 - Reservatório para água pluvial construído por <i>fundis</i> , Quênia.....	26
Figura 2.22 - Casa Oásis, Faro	27
Figura 2.23 - <i>Natura Towers</i> , Telheiras	28
Figura 2.24 - Precipitação média anual em Portugal Continental, ano de 2009.....	33
Figura 2.25 - Placa típica de sinalização de água cinzenta, sugerida pelo WRAS.....	39
Figura 2.26 - Exemplos de placas a colocar nas válvulas de fecho e noutros pontos-chave.....	39
Figura 2.27 - Sistema de reutilização de águas cinzentas utilizado na residência de estudantes em Hannover, Alemanha	48
Figura 2.28 - Distribuição dos usos domésticos interiores no Canadá.....	50
Figura 2.29 - Valor económico anual que poderá ser poupado numa habitação com 2 habitantes	57
Figura 2.30 - Valor económico anual que poderá ser poupado num agregado com 50 habitantes.....	57
Figura 2.31 - Valor económico anual que poderá ser poupado num agregado com 1000 habitantes.....	57
Figura 3.1 - Sistema predial de aproveitamento das águas pluviais em comercialização em Portugal	59
Figura 3.2 - Formatos comuns de caleiras.....	62
Figura 3.3 - Malha de plástico ou metal instalada sobre a caleira	62
Figura 3.4 - Filtro VF1 da 3P Technik.....	63
Figura 3.5 – Aspeto exterior de um sistema de desvio das primeiras águas.....	64
Figura 3.6 - Exemplo de <i>standpipe</i>	65
Figura 3.7 - Reservatório de água pluvial com reservatório para rejeição das primeiras águas	65
Figura 3.8 - Reservatório de autolimpeza com válvula de flutuador	66
Figura 3.9 - Sistema de aproveitamento de água pluvial com cisterna enterrada	67
Figura 3.10 - Sistema de aproveitamento de água pluvial com cisterna no sótão.....	67
Figura 3.11 - Reservatório em betão, construído pela sobreposição de anéis de betão pré-fabricados	69
Figura 3.12 - Reservatórios de ferrocimento, como o ilustrado, são concebidos <i>in situ</i> utilizando uma armadura metálica e cimento	69
Figura 3.13 - Reservatórios de fibra de vidro	70
Figura 3.14 - Reservatório em PEAD, instalado acima do solo	71
Figura 3.15 - Reservatório em madeira em Central Texas que demonstra o seu interesse estético ...	71
Figura 3.16 - Reservatório em folha de aço galvanizado	72
Figura 3.17 – Vaso de expansão para entrada anti turbulência.....	76
Figura 3.18 – Sifão.....	77
Figura 3.19 - Conjunto de sucção flutuante	78
Figura 3.20 - Reservatório enterrado com um sistema de abastecimento de água alternativo.....	79
Figura 4.1 - Exemplo de um esquema de ligações para um SPRAC.....	83
Figura 4.2 - Utilização do <i>Water Green</i>	84
Figura 4.3 - Exemplo de aplicação de uma válvula <i>Water Two</i>	85

Figura 4.4 - Sanita que reutiliza a água cinzenta do lavatório acima de si	85
Figura 4.5 - Zona húmida construída para tratamento de águas cinzentas num empreendimento em Berlim	86
Figura 4.6 - Exemplo de um reator biológico de contacto.....	88
Figura 4.7 - Dimensões dos poros das membranas e respetivas capacidades de filtração.....	89
Figura 4.8 - O <i>Pontos AquaCycle</i> , da Hansgrohe	90
Figura 5.1 - Rótulos de eficiência hídrica adotados em Portugal	93
Figura 5.2 - Distribuição dos consumos domésticos passíveis de serem substituídos por água pluvial	98
Figura 5.3 - Gráfico termopluviométrico da região de Lisboa	103
Figura 5.4 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 4m ³ , entre 2001 e 2011, com área de captação de 102 m ²	104
Figura 5.5 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 45m ³ , entre 2011 e 2011, com área de captação de 102 m ²	104
Figura 5.6 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 8m ³ , entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m ²	105
Figura 5.7 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 30m ³ , entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m ²	106
Figura 5.8 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 8m ³ , entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m ²	107
Figura 5.9 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 30 m ³ , entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m ²	108
Figura 5.10 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 95 m ³ , entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m ²	108
Figura 5.11 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 8 m ³ , entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m ²	109
Figura 6.1 - Medidas de escavação para a instalação de reservatório enterrado	121
Figura 6.2 - Esquema do reservatório de 30 m ³	122
Figura 6.3 - Esquema do reservatório do SPRAC para a habitação unifamiliar, sistema BIOX 6	123
Figura 6.4 - Esquema do reservatório do SPRAC para a habitação multifamiliar e para a escola, sistema BIOX 20	124
Figura 6.5 - Saldo para um SAAP com reservatório de 5m ³ e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%	130
Figura 6.6 - Saldo para um SAAP com reservatório de 30m ³ e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%	131
Figura 6.7 - Saldo para um SAAP com reservatório de 5m ³ e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%	132
Figura 6.8 - Saldo para um SAAP com reservatório de 30m ³ e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%	132
Figura 6.9 - Saldo para um SPRAC com reservatório de 1,28m ³ e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%.....	133
Figura 6.10 - Saldo para um SPRAC com reservatório de 5m ³ e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%	134
Figura 6.11 - Saldo para um SPRAC com reservatório de 1,28m ³ e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%	135
Figura 6.12 - Saldo para um SPRAC com reservatório de 5m ³ e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%	135
Figura 6.13 - Saldo para um sistema misto e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%, para uma habitação unifamiliar	136
Figura 6.14 - Saldo para um sistema misto e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%, para uma habitação multifamiliar.....	137
Figura 6.15 - Saldo para um sistema misto e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%, para uma habitação unifamiliar	138
Figura 6.16 - Saldo para um sistema misto e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%, para uma habitação multifamiliar.....	138
Figura 6.17 - Saldo para um SAAP com reservatório de 350m ³ e dispositivos eficientes, taxa de juro 3% e 3,75%, água pluvial para autoclismos.....	139
Figura 6.18 - Saldo para um SAAP com reservatório de 350m ³ e dispositivos eficientes, taxa de juro 3% e 3,75%, água pluvial para rega por sistema gota a gota.....	140

Figura 6.19 - Saldo para um SPRAC dois reservatórios de 5m^3 cada e dispositivos eficientes, taxa de juro 3% e 3,75%141

Índice de Quadros

QUADRO 2.1 - Repartição da água na Terra	4
QUADRO 2.2 - Repartição dos consumos médios diários	11
QUADRO 2.3 - Valores de monitorização bacteriológica presentes na BS 8525	37
QUADRO 2.4 - Interpretação dos resultados da monitorização bacteriológica	37
QUADRO 2.5 - Valores de monitorização geral do sistema presentes na BS 8525	38
QUADRO 2.6 - Interpretação dos resultados da monitorização do sistema	38
QUADRO 2.7 - Valores de monitorização geral do sistema de reutilização de águas cinzentas presentes no RD 1620/2007	40
QUADRO 2.8 - Requisitos de qualidade para descargas sanitárias e lavagem de roupa	40
QUADRO 2.9 - Requisitos de qualidade para água cinzenta para irrigação dependendo do seu uso, de acordo com a DIN 19560	41
QUADRO 2.10 - Parâmetros característicos para a água de reutilização de classe 1	42
QUADRO 2.11 - Parâmetros básicos para água de reutilização Classe 3	42
QUADRO 2.12 - Requisitos de qualidade para descargas de autoclismos	46
QUADRO 2.13 - Requisitos de qualidade para rega de jardins privados	46
QUADRO 2.14 - Consumo dos agregados	48
QUADRO 2.15 - Características físicas, químicas e bacteriológicas das águas cinzentas originadas em casas de banho no Brasil	49
QUADRO 2.16 - Proveniência da água cinzenta em Sydney	51
QUADRO 2.17 - Concentração de coliformes fecais na água cinzenta em três casos distintos	52
QUADRO 2.18 - Composição da água cinzenta	52
QUADRO 2.19 - Composição típica da água cinzenta proveniente de várias fontes	54
QUADRO 2.20 - Análise da poupança de água e ganhos económicos com a reutilização de águas cinzentas em Almada	55
QUADRO 2.21 - Análise da poupança de água e ganhos económicos com a reutilização de águas cinzentas em Sintra	55
QUADRO 2.22 - Análise da poupança de água e ganhos económicos com a reutilização de águas cinzentas em Portimão	56
QUADRO 2.23 - Análise da poupança de água e ganhos económicos com a reutilização de águas cinzentas em Mafra	56
QUADRO 3.1 - Coeficiente de escoamento de acordo com o tipo de superfície de recolha	60
QUADRO 3.2 - Vantagens e desvantagens de reservatórios enterrados e acima do solo	68
QUADRO 3.3 - Diretivas de qualidade mínima da água e opções de tratamento para aproveitamento de águas pluviais, USEPA	80
QUADRO 3.4 - Correlação entre o tempo de contacto do cloro, a temperatura e o pH da água	81
QUADRO 3.5 - Valores de orientação para monitoração geral do sistema	82
QUADRO 4.1 - Tecnologias mais comuns de tratamento físico e químico	87
QUADRO 4.2 - Tecnologias mais comuns de tratamento biológico	89
QUADRO 5.1 - Condições de atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a autoclismos de dupla descarga e completa	94
QUADRO 5.2 - Poupança com a utilização de autoclismos eficiente de classe A	94
QUADRO 5.3 - Poupança de água na utilização de chuveiro convencional com caudal de 9 litros/min, em duche de 5 minutos	95
QUADRO 5.4 - Poupança de água na utilização de chuveiro com eficiência hídrica classe A com caudal de 6 litros/min, em duche de 5 minutos	95
QUADRO 5.5 - Poupança de água na utilização de torneira de lavatório com classe de eficiência hídrica classe A	96
QUADRO 5.6 - Poupança associada à utilização de máquina de lavar roupa eficiente	96
QUADRO 5.7 - Quadro-resumo da poupança de uma habitação unifamiliar com recurso a dispositivos eficientes	97
QUADRO 5.8 - Quadro-resumo da poupança de uma habitação multifamiliar com recurso a dispositivos eficientes	97
QUADRO 5.9 - Quadro-resumo dos consumos na Escola Secundária de Rio Maior	98
QUADRO 5.10 - Volumes dos reservatórios de habitação unifamiliar e habitação multifamiliar	99
QUADRO 5.11 - Influência no valor do volume da utilização de série de precipitação mensal	100
QUADRO 5.12 - Volume do reservatório de armazenamento pelo Método Simplificado Alemão	101
QUADRO 5.13 - Volume do reservatório de armazenamento pelo Método Simplificado Espanhol	101
QUADRO 5.14 - Volume do reservatório de armazenamento pelo Método Prático Inglês	102

QUADRO 5.15 - Volume do reservatório de armazenamento pelo Método Prático Brasileiro	103
QUADRO 5.16 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes para a habitação unifamiliar	105
QUADRO 5.17 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, para habitação multifamiliar	106
QUADRO 5.18 - Consumos de autoclismos	106
QUADRO 5.19 - Volume do reservatório calculado por diferentes métodos	107
QUADRO 5.20 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, para habitação multifamiliar com aproveitamento de água pluvial para autoclismos eficientes	108
QUADRO 5.21 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, para habitação multifamiliar com aproveitamento de água pluvial para autoclismos convencionais	109
QUADRO 5.22 - Volume do reservatório para a escola secundária de Rio Maior, calculado por diversos métodos	110
QUADRO 5.23 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, calculada pelo Método Australiano, para a Escola Secundária	110
QUADRO 5.24 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, calculada pelo Método da Simulação para a Escola Secundária	110
QUADRO 5.25 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta num edifício unifamiliar com dispositivos convencionais	111
QUADRO 5.26 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta num edifício unifamiliar com dispositivos eficientes	111
QUADRO 5.27 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta num edifício multifamiliar com dispositivos convencionais	112
QUADRO 5.28 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta num edifício multifamiliar com dispositivos eficientes	112
QUADRO 5.29 - Poupança atingida com o aproveitamento de águas cinzentas numa habitação unifamiliar	112
QUADRO 5.30 - Poupança atingida com o aproveitamento de águas cinzentas numa habitação multifamiliar	112
QUADRO 5.31 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta na Escola Secundária	113
QUADRO 6.1 – Tarifa mensal de abastecimento de água no Município de Almada para utilizadores domésticos	115
QUADRO 6.2 - Tarifa mensal do saneamento de águas residuais no Município de Almada para utilizadores domésticos	115
QUADRO 6.3 - Consumo diário e mensal de uma habitação unifamiliar com diferentes medidas de poupança de água potável	115
QUADRO 6.4 - Consumo diário e mensal de uma habitação multifamiliar com diferentes medidas de poupança de água potável	116
QUADRO 6.5 - Preço da água potável de acordo com vários padrões de consumo numa habitação unifamiliar	116
QUADRO 6.6 - Preço da água potável de acordo com vários padrões de consumo numa habitação multifamiliar	116
QUADRO 6.7 - Tarifário mensal de água para a Escola Secundária de Rio Maior	117
QUADRO 6.8 - Consumo mensal de água potável com diferentes medidas de poupança de água	117
QUADRO 6.9 – Preço mensal da água potável de acordo com vários padrões de consumo na escola	117
QUADRO 6.10 - Custos de diferentes SAAP fornecidos por algumas empresas portuguesas	119
QUADRO 6.11 - Custos de diferentes SPRAC fornecidos por algumas empresas portuguesas	123
QUADRO 6.12 - Custos dos sistemas mistos apresentados pela Ambietel	124
QUADRO 6.13 - Custo de implementação das diversas medidas de poupança	125
QUADRO 6.14 - Custos, benefícios e período de ROI para cada caso estudado	126
QUADRO 6.15 - Preço do m ³ de água para cada habitação	130
QUADRO 6.16 - Saldo para cada habitação na Hipótese I	131
QUADRO 6.17 - Saldo para cada habitação na Hipótese II	133
QUADRO 6.18 - Saldo para cada habitação na Hipótese III	134
QUADRO 6.19 - Saldo para cada habitação na Hipótese IV	136
QUADRO 6.20 - Saldo para cada habitação na Hipótese V	137
QUADRO 6.21 - Saldo para cada habitação na Hipótese VI	139
QUADRO 6.22 - Saldo para o Caso 1 e para o Caso 2 de instalação de um SAAP na escola	140
QUADRO 6.23 - Saldo para a instalação de um SPRAC na escola	141

Acrónimos e Abreviaturas

AB – *Assembly Bill*

ABMAC – Associação Brasileira para o Manejo de Água da Chuva

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

ANQUIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

APDA – Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Água

ARCSA – *American Rainwater Catchment Systems Association*

ARS – Associação Regional de Saúde

ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro

AUD – *Australian Dollars*

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

Az – Arizona

BASIX – *Building and Sustainability Index*

BS – *British Standard*

BSI – *British Standards Institute*

Ca(ClO)₂ – Hipoclorito de cálcio

CaCO₃ – Carbonato de Cálcio

CBO – Carência Bioquímica de Oxigênio

CC – Calibre do Contador

CDWR – *California Department of Water Resources*

CEE – Comunidade Económica Europeia

CO₂ – Dióxido de Carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CQO – Carência Química de Oxigênio

CSD – Commission on Sustainable Development

CSE – *Centre for Science and Environment*

DEQ – *Department of Environmental Quality*

DIN – *Deutsches Institut für Normung*

DL – Decreto-lei

DN – Diâmetro Nominal

DQA – Diretiva Quadro da Água

DWI – *Drinking Water Inspectorate*

E. coli – *Escherichia coli*

EEA – European Environment Agency

EN – *European Norm*

EPA – *Environment Protection Agency*

ETA – Especificação Técnica ANQIP

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

EUA – Estados Unidos da América

fbr – *Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung*

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

H₂CO₃ – Ácido Carbónico

INAG – Instituto Nacional da Água

INSAAR – Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Águas e de águas Residuais

IRAR – Instituto Regulador das Águas e Resíduos

IVA – Imposto de Valor Acrescentado

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MADRP – Ministério do Ambiente, do Desenvolvimento Rural e das Pescas

MBR – Bioreator de Membrana

NaClO – Hipoclorito de Sódio

NO_x – Óxido de Nitrogénio

NP – Norma Portuguesa

ONG – Organização Não Governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

PE – Polietileno

PEAASAR – Plano Estratégico de Abastecimento e de Saneamento de Águas Residuais

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

pH – *pondus hydrogenii*

PNA – Plano Nacional da Água

PNUEA - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

PURAE – Programa de Conservação e Uso Racional de Águas nas Edificações

PVC – Policloreto de Vinilo

R.P.M. – Rotações por Minuto

RASARP – Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal

RBC – Reator Biológico de Contacto

RD – *Real Decreto*

RGSPPDADAR – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais

ROI – *Return on investment*

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

SB – *Senate Bill*

SDS – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável

SMAS – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

SO₂ – Dióxido de Enxofre

SPRAC – Sistemas Prediais de Reciclagem ou Reutilização de Águas Residuais Cinzentas

TANB – Taxa Anual Nominal Bruta

TRSU – Taxa de Resíduos Sólidos Urbanos

TWDB – *Texas Water Development Board*

UE – União Europeia

UFC – Unidades Formadoras de Colónias

UK – *United Kingdom*

UNCECSR – *United Nations Committee on Economic, Cultural and Social Rights*

UNEP – *United Nations Environment Program*

UNT – Unidades Nefelométricas de Turvação

USD – *United States Dollars*

USEPA – *United States Environment Protection Agency*

UV – Ultravioleta

VMA – Valor Máximo Admissível

VMR – Valor Máximo Recomendado

VRHM – *Virginia Rainwater Harvesting Manual*

WHO – *World Health Organization*

WRAS – *Water Regulations Advisory Scheme*

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A água é fulcral para a vida de todos os seres vivos, sendo fundamental para o aparecimento, desenvolvimento e manutenção da vida na Terra. Tem elevada importância, dado que é essencial não só à sobrevivência da espécie, como também é indispensável para a elaboração das mais diversas atividades, como o transporte de mercadorias e pessoas, produção de energia, produção e processamento de alimentos e diversos processos industriais.

A construção de edifícios e infraestruturas conduz a um importante impacto ambiental, associado ao consumo de recursos, como a água e a energia, à ocupação do solo e à elevada produção de resíduos poluentes o que promove a alteração e degradação dos ecossistemas naturais. As áreas com elevada densidade populacional condicionam o aumento do consumo e o agravamento das condições de qualidade das nascentes existentes (Agência Nacional de Águas, 2005).

O volume total de água existente na Terra (UNEP, 2002) é de 1.400 milhões de km³, dos quais 35 milhões de km³ são água doce, o que corresponde a 2,5%. Contudo, a maioria dessa água, localiza-se nos glaciares permanentes. As principais fontes para uso humano, correspondentes a 200.000 km³, são os rios e lagos, assim como as disponibilidades hídricas no solo e os aquíferos subterrâneos superficiais, o que equivale a 1% da água doce, ou 0,01% do total de água na Terra (Pinheiro, 2006).

Segundo Sutherland (2008), a disparidade entre o consumo de água nos países desenvolvidos e o consumo nos países em desenvolvimento é enorme, pois de acordo com as Nações Unidas apenas uma descarga de autoclismo consome tanta água quanta a que uma pessoa num país em desenvolvimento tem disponível num dia para beber, cozinhar e tratar da sua higiene.

A construção de reservatórios e lagos artificiais é de grande importância para o uso de recursos de água, bem como para o controlo do caudal dos rios. Os primeiros reservatórios de água foram construídos há centenas de anos, no apogeu das civilizações antigas, acabando por se tornar comuns a nível mundial apenas nas últimas décadas. O seu volume total quase que decuplicou desde 1951 a 1980, excedendo atualmente 5.000 km³ (Gleick, 1993).

Devido à escassez da disponibilidade do recurso água têm surgido diversas medidas para o aumento da eficiência hídrica. Assim, surgem o aproveitamento de águas pluviais e o reaproveitamento de águas cinzentas para fazer face ao problema e para tentar diminuir o consumo de água potável para fins não potáveis. Atualmente o aproveitamento de águas é muito utilizado em países como a Alemanha, Reino Unido, Austrália e EUA. Em Portugal, já existem diversos exemplos de aplicação da técnica, sendo que a sua aplicação ainda não está enraizada (Tomaz, 2003). Algumas razões para este facto podem ser o elevado investimento a que o aproveitamento de águas está ligado, bem como a falta de informação sobre o tema.

Espera-se que este trabalho contribua para a consciencialização em relação ao aproveitamento de águas pluviais e cinzentas em edifícios de habitação em Portugal e numa escola secundária, mostrando os seus benefícios na poupança de água potável.

1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é a realização de um estudo de viabilidade técnico-económico em relação ao aproveitamento de águas pluviais e ao reaproveitamento de águas cinzentas em Portugal. Do ponto de vista técnico, analisou-se a situação existente em vários países e as soluções adotadas, assim como em Portugal, e enumeraram-se vários exemplos desta prática. O estudo contempla também os componentes de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e cinzentas bem como os materiais a utilizar. Analisou-se ainda a legislação em vigor neste momento e as suas exigências.

Para a análise económica foram estudados três casos em concreto, em relação à instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, de reaproveitamento de águas cinzentas e de um

sistema misto para uma habitação unifamiliar com 4 habitantes, uma habitação multifamiliar 24 habitantes e uma escola secundária com 1.000 alunos.

1.3 Estrutura da dissertação

O primeiro capítulo trata da Introdução ao tema, abordando de um modo geral a temática da escassez de água e os objetivos deste trabalho.

No Capítulo 2, aborda-se o Estado da Arte, elaborando-se uma revisão bibliográfica onde se expõe a atual crise global da água e se explica a procura e o consumo de água em Portugal e no resto do mundo. É feita uma introdução ao aproveitamento de águas pluviais, enumerando as suas vantagens e desvantagens e definindo um modo de gerir a qualidade da água pluvial para consumo. Abordou-se a longa história do aproveitamento de águas pluviais, apresentaram-se exemplos e explorou-se a legislação portuguesa e mundial. Do mesmo modo, é apresentado o reaproveitamento de águas cinzentas e são definidos os seus benefícios, são dados alguns exemplos e estuda-se a legislação existente.

No terceiro capítulo, define-se um sistema de aproveitamento de águas pluviais e são caracterizados os seus componentes, como a superfície de recolha, os órgãos de condução, o sistema de filtragem e o reservatório.

O Capítulo 4 apresenta o sistema predial de reaproveitamento de águas cinzentas, definindo-se todos os seus componentes e os diferentes métodos existentes de tratamento de águas cinzentas.

No Capítulo 5 é feita a apresentação dos três casos de estudo, definindo os consumos para cada tipo de habitação e para a escola, tendo em conta a utilização de dispositivos convencionais e dispositivos eficientes. É elaborado o cálculo do volume do reservatório de armazenamento de água pluvial por diferentes métodos e estudada a sua eficiência. São ainda definidas as disponibilidades e as necessidades de água cinzenta.

No Capítulo 6 são apresentados os orçamentos e é efetuado o estudo de viabilidade económica de cada um dos três casos de estudo, quando comparado o seu investimento com o investimento num depósito a prazo e pelo retorno do investimento inicial em anos

No Capítulo 7, é feita uma síntese do trabalho efetuado e as conclusões finais.

Por fim, no capítulo 8 são apresentadas as perspetivas e recomendações futuras de desenvolvimento em relação ao tema estudado.

2. Estado da Arte

2.1 A Água e o Meio Ambiente

O conceito “meio ambiente” representa a interação entre os seres vivos e os ecossistemas naturais. Foi a partir dos anos 60 que começou a surgir uma maior preocupação e consciencialização da população com a sua relação com o meio ambiente (Giacchini, 2010).

Em 1967 surgiu a primeira diretiva comunitária sobre o ambiente, a Diretiva nº 67/548/CEE, que abordava questões relacionadas com embalagens e rotulagem de produtos perigosos (Pinheiro, 2006). Hoje em dia, com o aumento da população, com a visível e crescente diminuição dos recursos e com o aquecimento global, a preocupação com o meio ambiente já faz parte da cultura mundial.

A falta de água, que é tão severa nalgumas partes do mundo, já conduziu a problemas económicos e ao receio de guerra. Contudo, noutros locais, as cheias são cada vez mais comuns. A falta de água tem como principais causas a atuação do Homem, com o consumo excessivo de água potável e o aumento populacional, e a falta de precipitação – em países como a Austrália, Portugal, Espanha ou França – devida às mudanças climáticas, que noutros locais provocam cheias (Sutherland, 2008).

A ONU (Neves *et al.*, 2006), prevê que em cerca de 20 anos metade da população mundial não terá acesso a água potável com boa qualidade, sendo então cada vez mais necessário pensar em meios de salvaguardar este recurso e adequar a sua qualidade à utilização. Deste modo, têm surgido variadas soluções no aproveitamento de águas pluviais ou cinzentas.

A água é essencial na maioria dos processos produtivos em geral, sendo visível a correlação entre o ciclo da água e o ciclo da vida e a necessidade de uma gestão sustentada, demonstrando o seu peso no desenvolvimento económico e social em todo o mundo e a influência na evolução das populações (Mendes e Oliveira, 2004).

2.2 Crise Global da Água

A atual escassez de água já não é encarada como um problema apenas de regiões áridas ou semiáridas, pois muitas zonas tornaram os recursos hídricos insuficientes para as necessidades excessivas, levando a problemas que afetam a qualidade de vida (ANA, 2005).

A Terra tem reservas de água de cerca de 1,4 mil milhões de km³, espalhadas por uma variedade de formas e locais (Palaniappan e Gleick, 2008). Desta água, a vasta maioria (cerca de 97%) é água salgada nos oceanos. As reservas totais de água doce estão estimadas em cerca de 35 milhões de km³.

A maioria da água para utilização humana vem dos lagos e rios, do solo e dos lençóis freáticos, o que equivale a 200.000 km³ e representa apenas 1% da água doce na Terra, dado que a maioria encontra-se nos glaciares permanentes (QUADRO 2.1) (Pinheiro, 2006).

QUADRO 2.1 - Repartição da água na Terra

Água na Terra	Volume (10 ³ km ³)	% do total de água	% do total de água doce
Água Salgada			
Oceanos	1338000	96,540	-
Águas salobras	12870	0,930	-
Lagos salgados	85	0,006	-
Água Doce			
Glaciares e neves permanentes	24064	1,740	68,70
Água doce subterrânea	10530	0,760	30,06
Gelo subterrâneo	300	0,022	0,86
Lagos de água doce	91	0,007	0,26
Água no solo	16,5	0,001	0,05
Vapor atmosférico	12,9	0,001	0,04
Zonas húmidas e pântanos ^{A)}	11,5	0,001	0,03
Rios	2,12	0,0002	0,006
Incorporado no biota ^{A)}	1,12	0,0001	0,003
Total água	1385984	100	
Total água doce	35029	2,5	100

Nota: Os totais podem não ser adicionados exatamente devido a arredondamentos.

^{A)} Zonas húmidas, pântanos e água no biota. Por vezes ocorre mistura de água doce e salgada.

Fonte: Shiklomanov, 1993

Atualmente, existem cada vez mais provas de que a água por toda a Europa está a escassear, aumentando o *stress* hídrico. Esta escassez deve-se sobretudo ao aumento da procura de água, à grande quantidade de desperdícios de água e às mudanças climáticas. Em países como Portugal, com o aumento da temperatura e com a falta de chuva, a evaporação vai aumentar o que vai levar também a uma maior necessidade de armazenamento com custos mais elevados (Duarte, 2009).

De acordo com Surendran *et al.* (2004), para além das mudanças climáticas, as necessidades de água no mundo continuam a aumentar com o aumento da população, com o aumento das habitações unifamiliares e com o aumento do nível de vida. O autor sugere também que as reservas tradicionais de água doce poderão ser reduzidas pelo aumento da evaporação e do nível do mar.

Segundo Silva-Afonso (2008), de acordo com as previsões do *World Water Council*, 23 países irão enfrentar uma crise de falta de água em 2025 e entre 46 a 52 países estarão a passar por *stress* hídrico, sendo que os países do sul da Europa poderão enfrentar valores na ordem dos 40% (Figura 2.1).

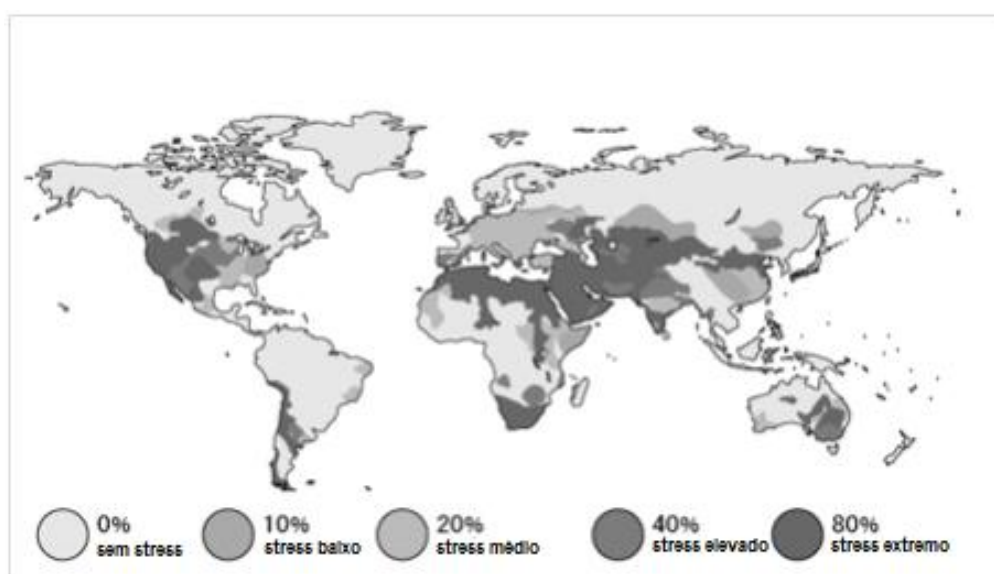


Figura 2.1 – Stress hídrico. Cenário para 2025 segundo o World Water Council

Fonte: Silva-Afonso, 2008

Cerca de um terço da população mundial encontra-se em situação de *stress* hídrico moderado a elevado, ou seja, onde o consumo de água é superior a 10% das fontes de água renováveis (CSD, 1997). Cerca de 80 países, constituindo 40% da população mundial sofriam de graves falhas no abastecimento de água a meio da década de 1990.

Na Europa, ainda não é a maioria dos cidadãos que enfrenta os problemas da escassez de água e da sua má qualidade, o que não invalida que os recursos hídricos estejam em risco. De notar, que cerca de 30% da população europeia consome mais de 20% dos recursos hídricos, o que leva a um estado de *stress* hídrico (EEA, 2003).

Em Portugal, os anos de 2004 e 2005, tiveram precipitação abaixo da média até então, levando à necessidade da introdução de medidas de controlo de consumos (Taneco, 2008). Nos anos hidrológicos que se seguiram, a situação não se manteve. Contudo, os eventos de seca irão repetir-se, sendo muito importante agir para evitar a conjuntura.

A construção de barragens e represas nos rios é uma das principais maneiras de assegurar água para rega, geração de energia e para uso doméstico. Cerca de 60% dos maiores rios do mundo estão fragmentados com barragens ou canais, com efeitos nos ecossistemas de água doce (UNEP, 2002).

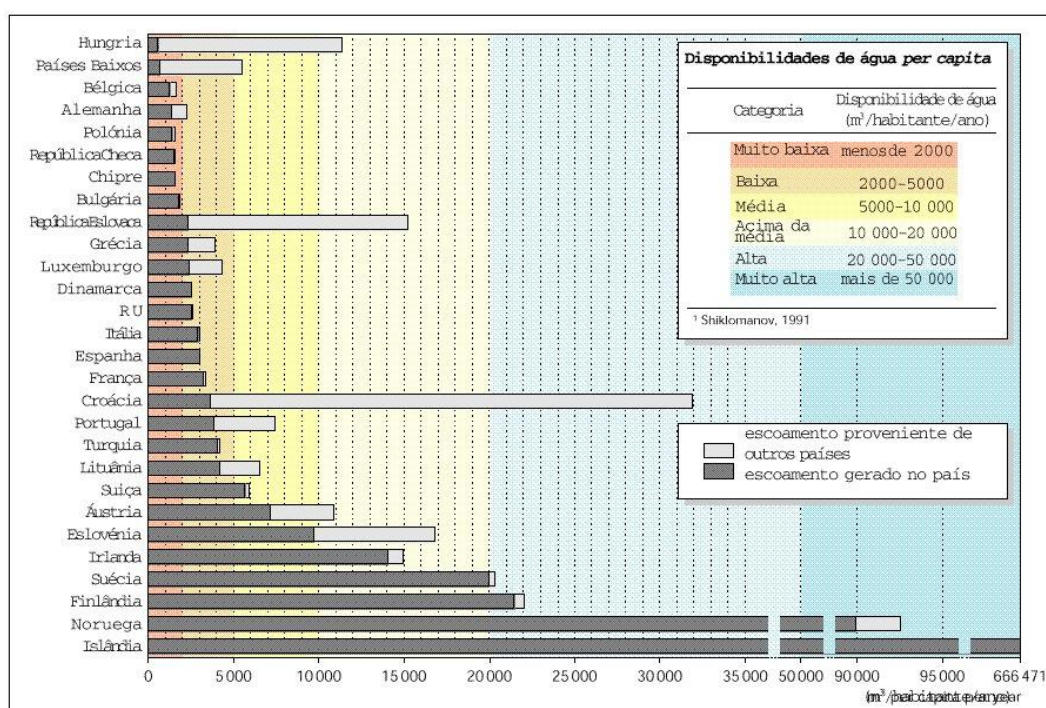


Figura 2.2 - Disponibilidade de água doce no mundo

Fonte: *European Environment Agency*, 2010

Palaniappan e Gleick (2008) consideram que como os custos do transporte de água a granel são elevados, a partir do momento em que uma região excede a sua fonte renovável, começa a utilizar os recursos não renováveis, tais como os aquíferos de recarga lenta. Quando a extração de água excede as taxas naturais de reabastecimento, as únicas opções a longo-termo são reduzir as necessidades para níveis sustentáveis, relocalizar as necessidades para onde haja água, ou mudar para fontes extremamente caras, como a dessalinização.

Nos países desenvolvidos, a maior procura de água é para o setor agrícola, onde este é responsável pela extração de cerca de 70% da água doce, de lagos, rios e aquíferos (GPPAA, 2004). A rega é responsável pela produção de cerca de 40% dos alimentos no mundo, e por 2025 a área irrigada ascenderá entre 25 a 30% da superfície arável, devido ao aumento da população.

Na agricultura, os fertilizantes e pesticidas utilizados levam a um aumento do risco para o meio envolvente e à presença de quantidades inconvenientes de azoto e fosfatos na água para onde

drenam os terrenos regados. Assim, é fundamental a implementação de diretivas que racionalizem a gestão da água de modo a que os recursos naturais sejam preservados e os impactos reduzidos, garantindo a produtividade agrícola.

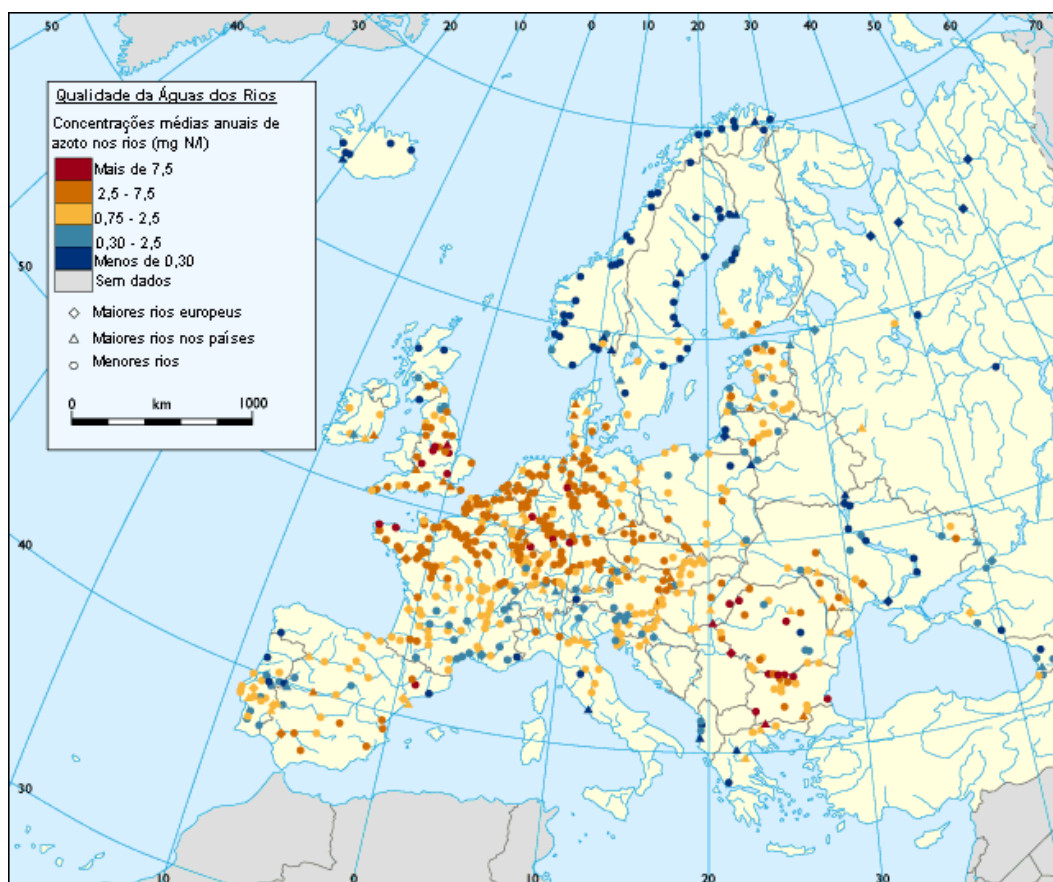


Figura 2.3 - Qualidade da água doce na Europa, consoante presença de azoto (mg N/L)

Fonte: *European Environment Agency*, 2009

2.3 Procura e Consumo de Água em Portugal

Portugal tem hoje em dia necessidades de água na ordem dos $7.500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (PNUEA., 2001 e Almeida, 2005). De acordo com os dados de Gleick (2011), em Portugal extraem-se $11,09 \text{ km}^3/\text{ano}$ de água doce, o que equivale a $1,033 \text{ m}^3/\text{pessoa/ano}$.

Segundo dados do INAG (2001), referidos por Almeida *et al.* (2006), em Portugal, consomem-se cerca de $572 \times 10^6 \text{ m}^3$ de água no setor urbano, o que corresponde a 8% do total consumido entre os setores agrícola, urbano e industrial (Figura 2.4).

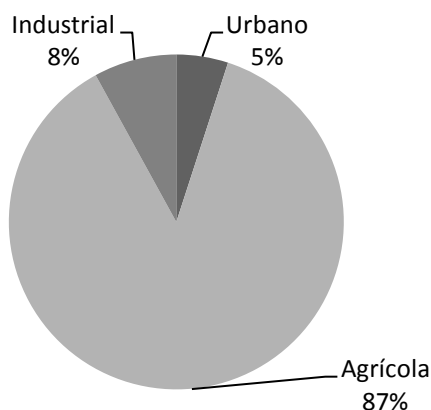


Figura 2.4 - Distribuição do consumo em volume pelos setores urbano, agrícola e industrial

Fonte: Portal da Água, INAG (2010)

Como já foi referido, a maior parcela de consumo de água corresponde ao setor agrícola, mais precisamente no regadio individual, de seguida vem a utilização urbana doméstica, com ênfase nos duches, banhos e descargas de autoclismos, e, por fim, o setor industrial. Em termos económicos, os maiores gastos ocorrem com o abastecimento urbano, com 46% e 875×10^6 €/ano, seguindo-se a utilização agrícola, com 28% e 524×10^6 €/ano e, finalmente, a indústria com 26% e 484×10^6 €/ano (Figura 2.5) (PNUEA, 2001).

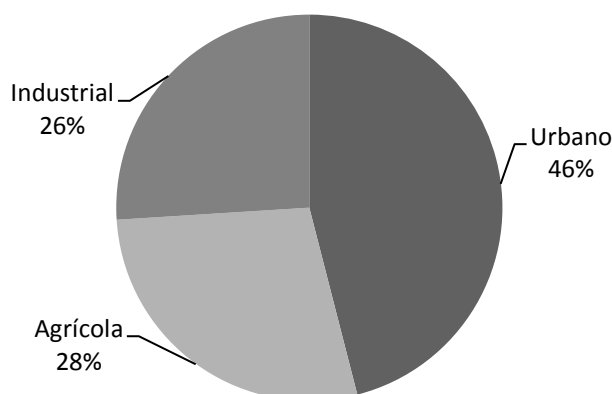


Figura 2.5 - Distribuição do custo efetivo da utilização de água

Fonte: Portal da Água, INAG (2010)

Estima-se que atualmente em Portugal, as ineficiências hídricas ascendam aos 3100×10^6 m³/ano e cerca de metade desse valor refere-se a ineficiências no abastecimento público e predial (Silva-Afonso, 2008).

Estes níveis de desperdício não são aceitáveis, e, em termos de consumo, há também a necessidade de uma mudança dos consumidores em relação à utilização de água. Deveria ser apenas utilizada a água que fosse realmente necessária, sem desperdícios e com adequação da qualidade ao seu fim (Duarte, 2009).

Segundo a APDA (1999), os consumos urbanos dividem-se em consumos domésticos, de serviços, industriais e outros (consumo público por exemplo), em cerca de 64%, 13%, 14% e 9%, respetivamente (Figura 2.6).

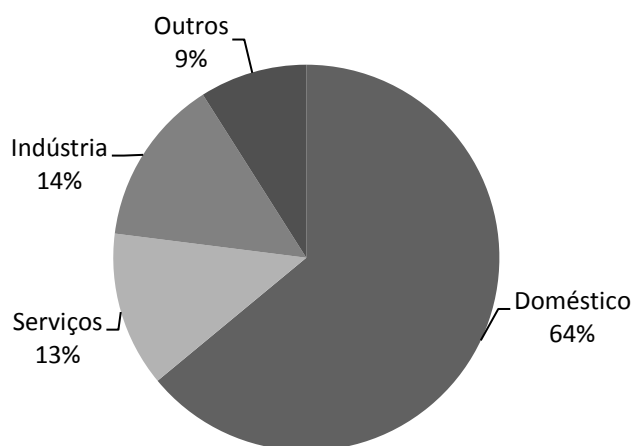


Figura 2.6 - Distribuição do consumo urbano

Fonte: Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA), 1999

A maior parte do consumo urbano em Portugal realiza-se na zona de Lisboa e Vale do Tejo, com 34%, seguindo-se a região Norte, com 31%, ou seja, a distribuição do consumo de água encontra-se associada à população que a consome (Figura 2.7).

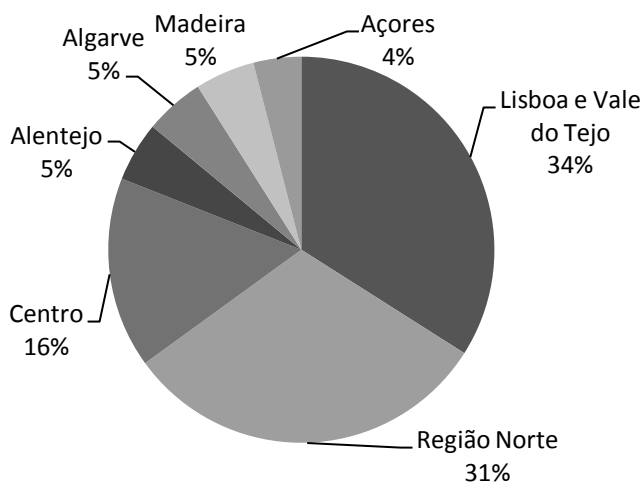


Figura 2.7 - Distribuição do consumo urbano de água por regiões

Fonte: Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, 1999

De acordo com o PNUEA (2001), tendo em conta as perdas, e excluindo a parte industrial, os caudais fornecidos no abastecimento público, ou seja, os usos estritamente urbanos, destinam-se em cerca de 45%, 9% e 6% a consumos domésticos, comerciais e públicos, respetivamente. Os restantes 40% equivalem a perdas (Figura 2.8).

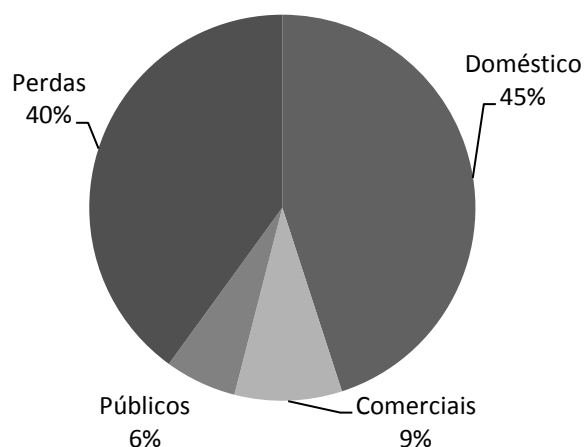


Figura 2.8 - Distribuição dos usos estritamente urbanos e perdas

Fonte: PNUEA, 2001

2.4 Consumo Doméstico de Água em Portugal

De acordo com a Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, as 297 entidades que garantem o abastecimento público são as Câmaras Municipais, podendo ter ou não Serviços Municipalizados, Empresas Privadas de Capital Maioritariamente Público com concessões atribuídas pelo Estado, Empresas Privadas com concessão municipal, intermunicipal ou de Associações de Municípios, Empresas Municipais ou Intermunicipais (PNA, 2001).

Atualmente, Portugal encontra-se servido de infraestruturas de abastecimento público ao longo de todo o território (RASARP, 2008), contudo ainda surgem variados problemas relacionados com o desperdício de água, o que afeta a sustentabilidade económica destes sistemas.

Em inícios da década de 1990, a população com acesso ao abastecimento público na habitação, rondava os 80%. Até aos dias de hoje, esse número tem subido significativamente, tendo como meta para o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR II, 2007), o valor de 95%. Como se pode verificar na Figura 2.9, segundo o Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento e de Águas Residuais (INSAAR) o nível atingido em 2009 foi de 97% (RASARP, 2011), encontrando-se cumprido o objetivo da universalidade do abastecimento público de água.

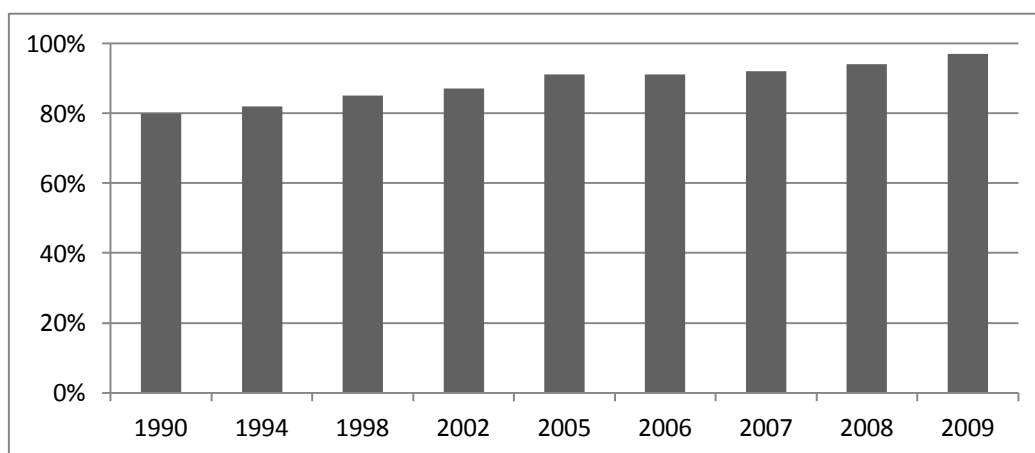


Figura 2.9 - Percentagem de população servida com abastecimento público de água de 1990 a 2009

Fonte: INAG – Inventários Nacionais de Saneamento Básico, PNA e INSAAR 2010 – Campanha 2009

O consumo doméstico representa a maioria dos consumos urbanos (cerca de 45%), podendo este ser diminuído por medidas de uso eficiente da água, e pode variar consoante a região, dependendo dos hábitos do agregado. Há ainda que ter em conta as perdas que ocorrem nas redes, no interior ou exterior e nos dispositivos e equipamentos, que podem ser significativas em alguns casos (Almeida *et al.*, 2006). O consumo doméstico numa habitação pode variar bastante consoante os fatores socioeconómicos e as características da própria habitação.

Os consumos no interior da habitação incluem atividades como a preparação de alimentos e ingestão, higiene pessoal, descargas de autoclismos, limpeza da habitação e lavagem de roupa e louça. Este tipo de consumo aumenta com o número de habitantes e com a idade dos mesmos.

Os consumos exteriores vão desde a rega de plantas, hortas ou jardins, passando pela lavagem de veículos e pátios e, por fim, o enchimento de piscinas. Este tipo de consumo varia muito consoante a tipologia da habitação, a região, o clima e a estação do ano, pois é na estação quente que este consumo se verifica superior.

Gleick (1996) propôs que o consumo diário mínimo de água necessário por pessoa fosse de 50 litros, o que seria suficiente para completar as atividades básicas diárias. Contudo, na realidade este valor oscila entre os 120 l/pessoa/dia e os 160 l/pessoa/dia.

Vieira *et al.* (2002) apresentou um estudo onde foram estimadas as estruturas de consumo diárias, com e sem os usos exteriores (Figura 2.10).

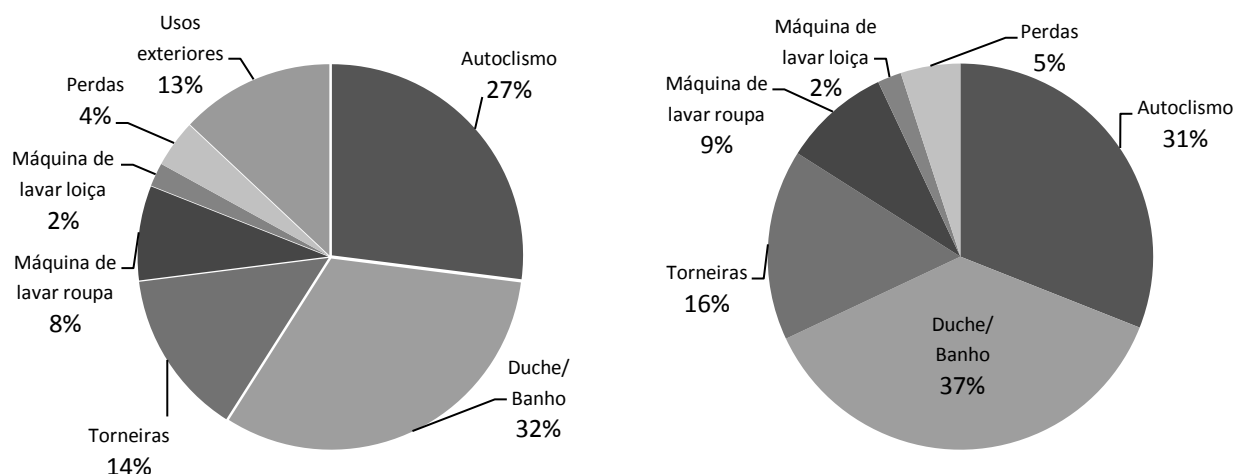


Figura 2.10 - Estrutura do consumo doméstico de água com e sem usos exteriores

Fonte: Vieira *et al.*, 2002

Da análise da Figura 2.10, nota-se que os consumos nas casas de banho ascendem aos 60% do consumo total. As máquinas de lavar roupa e louça têm, em média, associados consumos na ordem dos 10%.

Pela análise do primeiro gráfico, concluiu-se ainda que 40% dos usos domésticos (27% das descargas de autoclismos e 13% dos usos exteriores) não se destinam a consumos humanos em que a água tenha que ser potável (Comissão para a Seca, 2005).

Pedroso (2009) apresentou também um estudo, adaptado de Vieira *et al.* (2006), onde estão descritos os consumos médios domésticos para habitações unifamiliares e multifamiliares (QUADRO 2.2).

QUADRO 2.2 - Repartição dos consumos médios diários

Utilizações	Consumo (l/pessoa/dia)			
	Edifício Multifamiliar		Edifício Unifamiliar	
Autoclismo	43	31 %	43	27 %
Torneiras	22	16 %	22	14 %
Banho/Duche	52	37 %	52	32 %
Máquina de lavar roupa	13	9 %	13	8 %
Máquina de lavar louça	3	2 %	3	2 %
Perdas	7	5 %	7	4 %
Exterior	-	-	20	13 %
Total	140		160	

Fonte: Vieira *et al.*, 2006 e Pedroso, 2009

Tendo em conta que uma pessoa passa cerca de 330 dias por ano em casa, conclui-se que, para uma habitação unifamiliar, tem-se um consumo de 160 l/pessoa/dia ou 53 m³/pessoa/ano, e para uma habitação multifamiliar tem-se 140 l/pessoa/dia ou 46 m³/pessoa/ano (Pedroso, 2009).

Um estudo qualitativo efetuado pela Quercus (Palma-Oliveira e Santos, 1998) define o típico consumidor doméstico português e conclui que os gastos são elevados comparativamente com os necessários para o conforto. Em seguida apresentam-se as conclusões.

- As lavagens são efetuadas com a torneira sempre aberta;
- Os duches são demorados (mais de 15 minutos);
- A rega é feita com mangueira, em vez de dispositivos aspersores ou sistema gota a gota;
- As lavagens de pavimentos exteriores também são efetuadas com mangueira;
- A lavagem de roupa é efetuada na maioria dos casos com a carga cheia, indo contra a tendência do desperdício de água;
- Os inquiridos revelaram ainda que não possuem dispositivos para poupança de água.

A mudança de mentalidade pode mudar em casos de seca ou escassez de água, contudo é necessário começar a disponibilizar informação e modos de atuação integrados nos hábitos diários.

Voltando à análise dos gráficos, a percentagem de perdas pode ascender aos 5% do consumo total doméstico, revelando-se em custos para a sociedade sem trazer benefícios.

2.5 Aproveitamento de Águas Pluviais

2.5.1 Conceito de Aproveitamento de Águas Pluviais

A água é um recurso limitado e um bem público fundamental à vida e à saúde da população. O direito humano à água é indispensável para levar uma vida com dignidade. É também um pré-requisito para a realização dos restantes direitos humanos (UNCECSR, 2002).

O aproveitamento de águas pluviais é a recolha de água da chuva diretamente da superfície em que esta cai. Caso contrário, esta água seria encaminhada diretamente para o esgoto ou perder-se-ia por evaporação e transpiração. Uma vez efetuada a recolha e o armazenamento, esta água pode ser utilizada para fins não potáveis. O que inclui descargas de autoclismos, rega de jardins e lavagens de veículos ou pátios (*Environment Agency*, 2010).

A água pluvial pode ser armazenada em açudes, reservatórios e cisternas (F. Oliveira, 2008). A solução mais viável assenta na utilização de reservatórios e cisternas, uma vez que estes conseguem manter uma maior qualidade da água.

O aproveitamento de águas pluviais surge como uma forma alternativa para combater o aumento das necessidades de água potável.

A recolha de água pluvial dos telhados é uma prática anciã que existe desde há 3000 anos. Por exemplo, na Austrália, a utilização de reservatórios para água pluvial domésticos é uma prática comum, principalmente em zonas rurais (*EnHealth Council*, 2004). Entre 1994 e 2001, 16% das casas na Austrália usufruíam de reservatórios para água pluvial.

Com o progresso dos sistemas de abastecimento público de água, o aproveitamento de água pluvial tornou-se obsoleto, sendo mais utilizado em zonas com fraco abastecimento, e só passados séculos é que esta alternativa voltou a ser viável (Campos, 2004).

O princípio de desviar a precipitação para os sistemas de esgotos, introduzido há cerca de 100 anos, teve um considerável impacto negativo na qualidade da água. Por esta razão, é necessário que haja uma mudança no desenvolvimento urbano e na gestão da água, que tenha em consideração o ciclo natural da precipitação, evaporação e condensação (Junge-Reyer e Steffan, 2010).

De acordo com Niemczynowicz (1999), o principal objetivo da gestão das águas pluviais é assumir a água das chuvas como um recurso importante, implementando medidas para proteger o seu ciclo natural e os sistemas ecológicos.

Hoje em dia, têm surgido novos regulamentos e incentivos para o aproveitamento de águas pluviais no mundo inteiro. Na Catalunha, Espanha, vários municípios estão a aprovar regulamentos de poupança de água que obrigam os novos edifícios com uma determinada área de jardim a instalar um sistema de aproveitamento de águas pluviais. No Brasil, o governo está a implementar um programa que prevê a instalação de um milhão de cisternas em regiões semiáridas do país (Domènech e Saurí, 2011).

Nos Estados Unidos da América, é obrigatório o aproveitamento de águas pluviais nos edifícios novos em Tucson, no condado de Santa Fé e noutras cidades, como San Antonio, Texas, existindo benefícios fiscais para quem adotar estes sistemas (*Texas Water Development Board*, 2005).

Os residentes dos edifícios tomam um papel central nas políticas de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, uma vez que são os próprios que gerem e detêm os sistemas (Domènech e Saurí, 2011).

Uma investigação levada a cabo por Ghisi *et al.* (2007), concluiu que se poderia poupar entre 12% e 79% de água potável, em determinadas cidades, ao serem utilizadas águas pluviais.

Apesar de esta solução ser atrativa do ponto de vista ecológico, é necessário ter em atenção a qualidade da água pluvial recolhida e armazenada devido aos potenciais riscos para a saúde pública resultantes de contaminantes químicos e microrganismos (Vialle *et al.*, 2011).

2.5.2 Vantagens e Desvantagens do Aproveitamento de Águas Pluviais

Como já foi descrito, o aproveitamento de águas pluviais é comum em várias culturas desde há milhares de anos, tornando possível, de um modo simples e eficaz, a obtenção de água com boa qualidade. As principais vantagens dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais são (Campos, 2004; Goldenfum, 2005; Almeida *et al.*, 2006; F. Oliveira, 2008; Simões, 2009; Quadros, 2010; *Environment Agency*, 2010):

- Permitem controlar o volume de água drenada das coberturas;
- O aproveitamento da água pluvial permite o seu uso em fins não potáveis;
- Diminuição do consumo de água potável e alívio das pressões nas fontes disponíveis;
- Diminuição do volume a tratar pelas ETAR públicas, servindo como medida não-estrutural para drenagem urbana;
- Fácil construção e manutenção;
- Baixos custos de operação e manutenção;
- Qualidade relativamente boa (principalmente quando a superfície de recolha é um telhado);
- Baixo impacto ambiental;
- Reduzem a dependência nas reservas de água subterrânea que devido à sobre exploração podem esgotar;
- Contribuem para controlar as inundações, armazenando parte da água responsável pelo escoamento superficial;
- Permitem ainda reduzir as emissões de CO₂, uma vez que a operação simples requer menor consumo de energia quando comparada com os sistemas de abastecimento público.

De acordo com F. Oliveira (2008), os sistemas de aproveitamento de águas pluviais têm instalação e utilização simples, podendo os utilizadores ser ensinados sobre como aplicar as tecnologias e os materiais.

No que diz respeito a desvantagens, as principais são (Campos, 2004; F. Oliveira, 2008; Quadros, 2010):

- Elevado investimento inicial;
- Possível rejeição cultural;
- Qualidade da água vulnerável, podendo causar riscos sérios para a saúde;
- Não atrativo a políticas públicas;
- A capacidade de armazenamento limita a quantidade de água recolhida;
- Variabilidade temporal da precipitação.

Quando comparadas com as vantagens, as desvantagens assumem um papel pouco significativo. Contudo, a principal desvantagem pode ser considerada a incerteza de quando vai chover, assim, a água pluvial não é uma fonte de confiança em relação ao abastecimento de água.

2.5.3 Qualidade da Água Pluvial

A água pluvial, em condições normais, tem um pH ligeiramente ácido de cerca de 5,7, consequência da constituição de ácido carbónico (H_2CO_3) derivado do dióxido de carbono (CO_2), que se apresenta no ar (Alt, 2009). A sua composição pode alternar consoante a localização geográfica, a sua intensidade e duração, os ventos, a altura do ano, a poluição presente, as condições climáticas e a proximidade de vegetação. Por exemplo, em relação à localização geográfica, a proximidade com os oceanos leva a uma constituição com sódio, potássio, magnésio, entre outros. Já em locais afastados da costa, é mais provável a presença de partículas de solo e de origem biológica.

Em locais próximos de zonas industriais e em fortes centros urbanos, a água apresenta poluentes como o dióxido de enxofre (SO_2), óxido de nitrogénio (NO_x) e ainda chumbo ou zinco. A presença destes poluentes leva a uma diminuição do pH, o que dá origem às chuvas ácidas.

Sabe-se que em Portugal, o pH da água das chuvas é relativamente baixo, evidenciando-se em certas zonas com chuvas ácidas (Neves *et al.*, 2006). Há autores que defendem que a água da chuva diminui a necessidade do uso de detergentes e, por estar isenta de cloro, fornece melhor qualidade para rega.

A Carta de Bona (Lança, 2011) tem como principal objetivo o fornecimento seguro de água para o consumo humano, completando assim a monitorização do cumprimento de padrões de qualidade da água abastecida. Este documento constitui os principais aspetos da gestão da água, durante o seu ciclo:

- Gestão das reservas de água tendo em conta a sustentabilidade devido às alterações climáticas;
- Gestão das relações entre a água e o território;
- O uso para o desenvolvimento urbano, práticas sociais e agrícolas;
- A recolha e o tratamento das águas residuais.

Existe um extenso número de doenças que se podem transmitir por água contaminada. Esta contaminação pode ocorrer diretamente pela água, se esta apresentar urina ou fezes, humanas ou animais, pela presença de bactérias ou patógenos; pela falta de limpeza e higiene da água, ou seja, pela má higiene pessoal e pelo contacto com a pele ou olhos de água contaminada; e por parasitas presentes nos organismos que vivem na água e por insetos.

A escassez de água obriga as pessoas a dependerem de água sem a qualidade necessária para os seus usos diários, aumentando assim o risco de doenças como a cólera. Esta água de fraca qualidade ao ser armazenada nas habitações é propícia ao crescimento de mosquitos, transmissores de doenças, o que compromete a boa gestão da água (WHO, 2009).

A contaminação das águas pluviais pode variar consoante os poluentes atmosféricos, os materiais de deposição e os detritos e dejetos de pequenos animais presentes nas coberturas. Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são pontos que podem levar à contaminação da água e ao desenvolvimento de microrganismos, devido à retenção de águas e a pontos de estagnação, ao baixo caudal e a temperaturas superiores a 20°C que são propícias ao desenvolvimento destes patógenos (WHO, 2006).

Os perigos da água pluvial recolhida para a saúde podem ser minimizados com procedimentos de gestão apropriados. Com a possível exceção dos centros urbanos muito populosos com emissões de tráfego urbano e emissões industriais, estes riscos são dependentes da ação individual. Algumas medidas preventivas estão associadas ao dimensionamento e instalação, enquanto outras estão associadas à manutenção contínua dos sistemas (*EnHealth Council*, 2004).

De acordo com o mencionado nas *Australian Drinking Water Guidelines* (1996), uma gestão preventiva do risco é a melhor maneira de garantir água potável segura e de alta qualidade. Isto aplica-se também ao aproveitamento de águas pluviais para fins domésticos, ao incluir um enquadramento para a gestão da qualidade da água. Esta gestão passa pela identificação e avaliação dos perigos que podem por em causa a qualidade da água, pela aplicação de medidas preventivas e, quando necessário, pela aplicação de medidas corretivas.

Para que a captação de água pluvial seja a mais segura possível, a superfície de recolha tem que ser controlada e tem que haver limpeza prévia (Alt, 2009).

A qualidade microbiológica e química da água pluvial armazenada em reservatórios sofre diretamente o impacto da zona de recolha e da subsequente contaminação no escoamento, através das deposições feitas por aves e pequenos mamíferos, decomposição de detritos orgânicos acumulados, deposição atmosférica de microrganismos presentes no ar e poluentes químicos (Evans *et al.*, 2006).

Apesar de muitos estudos demonstrarem valores inaceitáveis de contaminação microbiológica, ou seja não potável, ainda não se chegou a um consenso sobre a qualidade e os riscos para a saúde da água pluvial armazenada.

Um estudo efetuado por Evans *et al.* (2006), em Newcastle, Austrália, mostra que os padrões climáticos podem influenciar significativamente a concentração de bactérias do escoamento da cobertura, em conjunto com a proximidade da fonte destas. Concluiu-se também que a concentração total de bactérias no escoamento da cobertura aumenta com o aumento da velocidade do vento, provavelmente devido a uma maior elevação de organismos das fontes.

Alguns estudos revistos por Gould (1999) e Lye (2002) identificaram vários agentes patogénicos em amostras retiradas de água pluvial armazenada, como *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Clostridium*, *Legionella*, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* e *Giardia*.

Muthukumaran *et al.* (2011) apresentou um estudo de comparação entre amostras de água pluvial armazenadas em três reservatórios diferentes, um de polietileno, um de aço e um de betão. Os parâmetros de comparação são o pH, a condutividade elétrica, o total de sólidos dissolvidos, a turvação, oxigénio dissolvido, o nitrogénio total e o fósforo total. O total de sólidos dissolvidos e a condutividade elétrica foram ligeiramente superiores no reservatório de betão e a turvação é superior no reservatório de polietileno. Os coliformes totais também apareceram superiores nos reservatórios de polietileno e de aço. O aumento do número de coliformes totais pode dever-se à presença de algas ou de organismos não patogénicos. O reservatório de polietileno tinha um pequeno visor que permitia a entrada de luz, o que encorajou o crescimento de algas.

Um outro estudo efetuado por Vialle *et al.* (2011) em amostras recolhidas semanalmente durante um ano de um reservatório com água pluvial, numa pequena aldeia no sudoeste de França, demonstraram que o pH das amostras variava entre 5,6 e 10,4. Os valores de pH extremamente alcalinos, surgiram após grandes intempéries. Por exemplo, o valor de 10,4 seguiu-se a uma violenta tempestade, e os valores elevados de pH mantiveram-se durante cinco semanas. Contudo, fora destes picos climáticos, os valores de pH mantiveram-se entre 5,6 e 6,9. Pelos valores da concentração de iões, concluiu-se também que a água pluvial tem um nível baixo de mineralização.

A composição microbiológica presente nos reservatórios variou ao longo do ano. Com 22°C, a contagem de bactérias variou entre os 10 e os $6,32 \times 10^5$ organismos por ml. Praticamente todas as amostras apresentaram contaminação por bactérias coliformes, ou seja, valores superiores a zero por 100 ml de água. A maioria das amostras (79%) acusou a presença de *E. coli*, o que indica contaminação fecal. Os resultados obtidos mostram que a água pluvial não é adequada para usos potáveis devido a elevados valores de contaminação microbiológica. De salientar, que o sistema de aproveitamento de águas pluviais estudado não apresentava dispositivo de desvio das primeiras águas (*first flush*).

2.5.3.1 Gestão da Qualidade da Água Pluvial

O principal método de limpeza da cobertura é o *first flush*, ou seja, o primeiro fluxo de água pluvial. As primeiras águas limpam a cobertura da maioria dos poluentes e são descartadas posteriormente (Alt, 2009).

O reservatório é o local onde a água fica armazenada durante algum tempo, podendo dar origem a águas paradas e à deposição de detritos escoados com a água da chuva, o que pode levar ao desenvolvimento de microrganismos prejudiciais (Tomaz, 2003). Deve ser impedida a entrada de luz solar, a tampa de inspeção deve ser fechada hermeticamente e o tubo de saída deve ser tapado com uma rede de modo a evitar a entrada de animais.

A melhor maneira de melhorar e gerir a qualidade da água pluvial é com simples medidas preventivas. Segundo a EPA Victoria (*Environment Protection Agency*, 2006) estas medidas incluem:

- Impedir a entrada de folhas e detritos no reservatório, pois podem causar coloração na água, odor e levar ao crescimento de microrganismos. Podem instalar-se proteções nas caleiras ou um desviador de folhas;
- Prevenir que detritos de pássaros e acumulações de pó no telhado sejam escoados para o reservatório quando chove. Um aparelho de desvio das primeiras águas (*first flush*) pode evitar que estes entrem no reservatório;
- Prevenir que animais e insetos, tais como mosquitos, entrem no reservatório selando ou cobrindo o mesmo, e filtrando todas as entradas com uma rede. Isto impedirá também o acesso por crianças;
- Efetuar manutenção e inspeção ao telhado e caleiras a cada seis meses. Os reservatórios devem ser inspecionados à acumulação de lodo a cada 2-3 anos, e limpos, se necessário.

2.5.3.2 Identificar Perigos Potenciais e Riscos para a Saúde

A avaliação do risco dos reservatórios para a saúde humana requer a consideração de se o perigo para a saúde existe e se a concentração de material prejudicial é suficiente para causar doenças (*EnHealth Council*, 2004).

A recolha e o armazenamento de água pluvial conduzem a uma potencial contaminação química, física e microbiológica. O perigo mais comum nas fontes de água obtidas de captações de superfície, incluindo os telhados, são os patógenos de origem fecal (patógenos entéricos). Os reservatórios de água pluvial podem também representar um risco para a saúde por poderem ser um local de reprodução de mosquitos.

As fontes dos perigos químicos podem surgir no local ou fora do local. As fontes que surgem no local são aquelas que surgem na proximidade imediata do reservatório, e que são controladas pelo dono. Estas fontes incluem características da área de recolha; material utilizado na construção do telhado, das caleiras, tubagens e reservatórios. Os perigos que surgem fora do local estão longe do controlo do dono, incluem emissões industriais, tráfego urbano e más práticas de agricultura. Nas zonas urbanas, a potencial contaminação por chumbo atrai mais preocupação, devido à sua utilização relativamente comum, nas zonas rurais a contaminação por pesticidas é a maior preocupação. Algumas das fontes destes perigos são os aquecedores de combustão lenta, incêndios florestais, os materiais presentes na cobertura e no reservatório.

Em relação aos perigos microbiológicos, para os reservatórios sobre o solo as principais fontes de patógenos entéricos são o material fecal de pássaros, lagartos, ratos, entre outros, ou animais mortos nas calceiras ou no próprio reservatório.

A instalação de reservatórios enterrados é menos comum. Se estes reservatórios não estiverem completamente selados ou protegidos de escoamentos do solo, microrganismos associados a excrementos humanos podem também contaminar a água pluvial reservada.

2.5.4 Potenciais Usos da Água Pluvial

Segundo Silva-Afonso (2008), em relação à água, torna-se apropriado definir um conceito de 4R, sendo estes a Redução do consumo, a Reutilização da água e a sua Reciclagem e o Recurso a fontes alternativas. A disponibilidade da água é afetada tanto em termos quantitativos como em termos qualitativos. De acordo com a Agenda 21, é sugerido que a qualidade da água seja ajustada às necessidades do uso. Assim, nas edificações, ao existirem diferentes usos existem também diferentes necessidades de qualidade, o que pode levar a oportunidades de utilização de diferentes origens de água.

O aproveitamento de águas pluviais pode ser visto como uma contribuição para uma política do uso eficiente da água (Almeida *et al.*, 2006), reduzindo a utilização de água potável e tendo em conta que os volumes de água recolhidos poderão chegar aos 50% dos valores de água potável.

Esta técnica pode ser realizada em variadas instalações como residenciais, comerciais ou industriais. Contudo, ainda não existe um consenso em relação às possíveis utilizações. A título de exemplo, as lavagens de roupa são aceites pelas normas alemãs, mas as normas brasileiras, por motivos bacteriológicos, condicionam-nas (Barroso, 2010). Em Portugal, ainda não existe regulamentação própria, logo as águas pluviais podem ser utilizadas nas habitações para descargas de autoclismos, rega de jardins e lavagens de pavimentos e veículos.

Em instalações comerciais, industriais ou municipais, as águas pluviais também podem ser consideradas nos seguintes casos (F. Oliveira, 2008).

- Em sistemas AVAC;
- No arrefecimento de telhados, equipamentos e máquinas;
- Nos serviços de limpeza;
- No combate a incêndios;
- Nas descargas de autoclismos;
- Na rega de espaços verdes;
- Na lavagem de veículos;
- Em lavandarias;
- Na reposição de água evaporada de piscinas em hotéis.

2.5.5 História do Aproveitamento de Águas Pluviais

Como já foi referido, o aproveitamento de águas pluviais é um hábito milenar, que perdeu expressão com a evolução dos sistemas de abastecimento, mas que tem ganho importância com a problemática da escassez de água.

Não se sabe ao certo o início desta prática, contudo, foram encontrados inúmeros reservatórios em rochas anteriores a 3000 anos a.C. na Ilha de Creta, Grécia, que serviam para armazenar água pluvial (*Rainwater Technology Handbook*, 2001, referenciado por Tomaz, 2003). Ainda segundo Tomaz (2003), na Mesopotâmia, por volta de 2750 a.C. também se utilizariam águas da chuva.

Outro exemplo surge em Pueblo Bonito, nas margens do rio Chaco, afluente do rio San Juan (EUA). Foi aí que se instalou um povo de caçadores nômadas, os Anasazis (1200 a.C.), que ao evoluírem para sedentários desenvolveram uma cidade com 1200 habitantes (Figura 2.11). Consta que a sua dependência das chuvas era total. Esta água era armazenada em cisternas e permitiu o cultivo de milho e abóbora (Mendes e Oliveira, 2004).



Figura 2.11 - Ruínas Anasazi, no Parque Natural de Mesa Verde, EUA

Fonte: Destination 360, 2012

Segundo Bertolo e Simões (2010), como na Jordânia a pluviosidade média ronda os 50 mm/m² e os 600 mm/m², a prática do aproveitamento das águas pluviais sempre foi uma realidade. Neste local foi encontrada a Pedra Moabita (Figura 2.12), onde o Rei Mesha de Moab eternizou, em 850 a.C., a inscrição: *"I made two reservoirs in the midst of (Qerkhah). Now there was no cistern in the city, so I said to all the people. Make you every man a cistern in his house"*.



Figura 2.12 - Pedra Moabita

Fonte: Wikipédia, 2006

De acordo com a UNEP (2002b), foi encontrado em Istambul, Turquia, um reservatório de dimensões monumentais, com cerca de 80.000 m³, para armazenamento de água da chuva. Este reservatório data do governo de César (527-565 a.C.).

Herodes quando tomou a fortaleza de Massada, em Jerusalém, em 37 a.C., mandou construir cisternas escavadas em rochas para o armazenamento de mais de 40 milhões de litros de água pluvial (Figura 2.13).

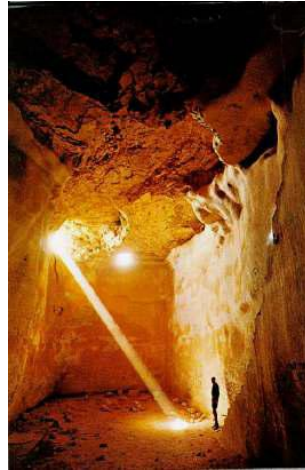


Figura 2.13 - Cisterna da fortaleza de Massada, Jerusalém

Fonte: Alt, 2009

No Irão, são utilizados reservatórios subterrâneos de cal e tijolo, há cerca de 3.000 anos. Estes reservatórios, os *abanbars*, servem tradicionalmente as comunidades com água pluvial (Carlton, 2005).

No México, a sul da cidade de Oxtutz, ainda persistem os feitos dos Maias, onde, no século X, a agricultura se baseava na recolha de água pluvial. Esta água era recolhida nos *chultuns*, reservatórios com capacidade de 20 a 45 m³, escavados em rocha calcária. A área de recolha, situada acima destes reservatórios, rondava os 100 a 200 m² (Gnadlinger, 2000).

Nos vales, eram utilizadas *aguadas* e *aquaditas*, reservatórios artificiais escavados com capacidades entre os 10 e os 150.000 m³ e os 0,1 e 50 m³, respetivamente. Estes reservatórios tinham como principal função a rega de árvores e bosques além de também fornecerem água a pequenas plantações de verduras e milho. A água armazenada garantia o abastecimento durante muito tempo.

Também os Aztecas desenvolveram algumas técnicas para ajudar a aproveitar a água da chuva, como as *cochas* e os *huachos*. As *cochas* eram sulcos superficiais circulares nas encostas, tinham até 50 m de diâmetro e as culturas eram semeadas nas suas extremidades. Os *huachos* resultavam da elevação do terreno de modo a não se perder nenhuma pluviosidade (Bertolo e Simões, 2010).

A civilização romana fazia o aproveitamento da água nas *domus* pelos *compluvium*. O *compluvium* permitia a entrada de luz solar e o escoamento das águas pluviais para o *impluvium*, onde estas ficavam armazenadas. No *impluvium* as águas repousavam de modo a que os detritos presentes nas coberturas ficassem no fundo.

No Brasil, um dos exemplos históricos, é a fortaleza na ilha de Ratones, construída pelos portugueses no século XVIII. Como não havia água potável, um reservatório acumulava a água dos telhados para consumo das tropas (Alt, 2009).

Os portugueses também introduziram o aproveitamento de água pluvial em Cabo Verde (Sabino, 2001). Os reservatórios e canais feitos em terra batida, ainda se encontram erigidos nas ilhas de Santo Antão e Santiago e aparentam ser das primeiras obras de hidráulica para rega de árvores e outras culturas. Atualmente, a ilha do Fogo ainda continua, na sua maioria, a ser abastecida com água pluvial, recolhida em telhados de habitações ou em rochas tratadas para o efeito. Posteriormente são armazenadas em cisternas.

2.5.5.1 História do Aproveitamento de Águas Pluviais em Portugal

Em Portugal encontra-se uma variedade de exemplos do aproveitamento de água pluvial.

Pode dizer-se que as cisternas encontradas nos edifícios são influências dos árabes e romanos (Bertolo e Simões, 2010). Como os castelos se encontravam em locais elevados, era impossível fazer

o abastecimento de água, então a solução seria o aproveitamento das águas das chuvas, para consumo no seu interior.

Como exemplos, surgem o Castelo de Sesimbra, com três cisternas, o Castelo de Ourém, o Castelo de Tomar e o Convento de Cristo (Figura 2.14).



Figura 2.14 - Castelo dos Templários, Tomar

Fonte: Centro Nacional de Cultura, 2008

No Algarve, as típicas açoteias permitiam recolher a água da chuva, devido à sua forma, para ser depois armazenada em cisternas. Outro exemplo nesta zona é a cisterna Árabe, na zona de Silves. O formato desta cisterna permitia o acesso, através de escadaria e de nichos, à água em vários níveis (Figura 2.15).



Figura 2.15 - Poço-Cisterna

Fonte: Guia da Cidade de Silves, s/d

No Alentejo, em Monsaraz, foi implementado um complexo sistema com caleiras em rede e tubagens que conduziam as águas para uma cisterna comum, que foi erigida entre os séculos XIV e XV. Esta cisterna armazenava as águas pluviais dos telhados da cidade e apresentava-se como o principal meio de abastecimento da população (Sacadura, 2011).

Nos Açores, a Quinta dos Figos, na ilha Terceira, construída no início do século XX, possui uma cisterna que outrora serviu para a agricultura.

Também nas ilhas de Santa Maria, Graciosa, S. Jorge, Pico, Faial e Corvo as casas normalmente têm uma cisterna que armazena as águas pluviais. Na ilha Terceira, estas cisternas apresentam um

acesso à água que está acumulada e podem estar mais afastadas ou mais próximas das habitações. A água pluvial é recolhida das coberturas das habitações (Tostões *et al.*, 2000 e F. Oliveira, 2008).

Na Graciosa, onde a escassez de água é mais grave, desenvolveram-se estruturas de armazenamento de águas pluviais para fazer face ao problema. As estruturas públicas dividem-se em tanques e em reservatórios. A principal diferença é que os tanques não estão enterrados (Figura 2.16). As estruturas domésticas dividem-se em cisternas e tanques domésticos.

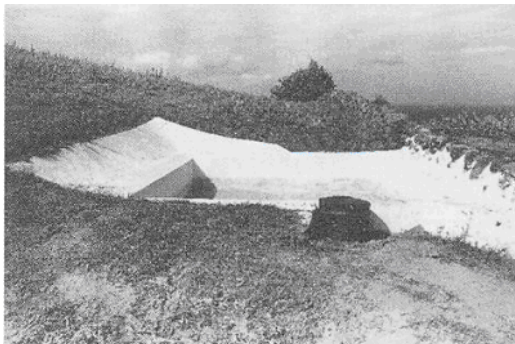


Figura 2.16 - Tanque, na Fonte do Mato, Graciosa

Fonte: Tostões *et al.*, 2000

2.5.6 Exemplos Atuais de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

2.5.6.1 Casos no Mundo

- Alemanha

A Alemanha pode considerar-se o país pioneiro na implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais a nível europeu e apresenta múltiplos exemplos da aplicação desta técnica (Bertolo e Simões, 2010).

A intensa impermeabilização do solo das cidades alemãs levou a que se tenha implantado ao nível das políticas de utilização, benefícios fiscais e subsídios para quem instalasse SAAPs. Como grandes exemplos de cidades com sistemas de águas da chuva surgem Berlim, Dresden, Hannover, Freiburg, Koblenz, Remshalden e Arnesberg.

Potsdam Platz

Em *Potsdam Platz*, a Câmara de Berlim estudou em conjunto com a Universidade Técnica de Berlim várias soluções para a gestão da água pluvial, uma vez que na urbanização deste local era imprescindível a utilização de água pluvial devido também à elevada impermeabilização.

Em 40% dos 19 novos edifícios, foram introduzidas coberturas verdes que levam à evaporação da água pluvial e ajudam à diminuição dos gastos energéticos.

São aproveitados 69 mm/m² de precipitação, o que é necessário para as descargas de autoclismos do Hotel Hyatt, da Daimler-Chrysler e do teatro da música. Este sistema fechado é constituído por cinco reservatórios e lagos exteriores onde a água pluvial é tratada biologicamente.

Sony Center

O reservatório da *Sony Center* tem uma capacidade total de armazenamento de 900 m³, num sistema composto por reservatórios em betão interligados, perfazendo 1.400 m de tubos de ligação. É feito o abastecimento das descargas de autoclismos pela cisterna com menor capacidade, 50 m³, a cisterna com 70 m³ serve os *sprinklers*. Finalmente, existem diversos reservatórios com 100 m³ e 200 m³, sendo que um destes armazena água para combate a incêndios (König, 2001).

Em caso de falta de água pluvial, o sistema está preparado para se abastecer no sistema público. Se existir excesso de água (*overflow*), a retenção desta é controlada entre os 14 m³ e os 34 m³.

Tal como o projeto do *Potsdam Platz*, também a *Sony Center* é estudada regularmente de modo a tirar elações sobre a viabilidade de aplicação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e a sua gestão em edifícios.

Hannover Expo Lake

Em 2000 realizou-se a Expo Hannover onde a água pluvial do pavimento é captada por um *stormwater system*. Um terço deste volume de água passa por uma bacia com um filtro de solo (*soil filter basin*), sendo encaminhada, posteriormente, para o lago ou para um sistema de retenção. A razão deste sistema é a impermeabilização massiva do solo, que dificulta a retenção de água por parte dos lagos. Nesta altura, implicou a poupança de cerca de 5.000 m³ de água potável.

Atualmente, os lagos continuam a armazenar a água da chuva para ser utilizada em fontes, nas descargas de 30 casas de banho e na rega de jardins. A água para rega não carece de tratamento mas a água para as descargas de autoclismos é tratada com coagulação-filtração, filtro rápido de areia, purificação e desinfecção UV.

- Reino Unido

Millennium Dome

O projeto *Thames Water's "Watercycle"* foi um dos maiores de sempre na Europa em termos de aproveitamento de águas. Este projeto foi dimensionado para suprir as necessidades diárias de 500 m³ de água das descargas sanitárias, tendo em conta a média anual de precipitação de 613 mm/ano. Cerca de 55% das necessidades de água da *Dome* eram supridas pelas águas aproveitadas, dos quais 19% correspondem a água pluvial. Neste local, foi feito um dos maiores estudos sobre conservação de água num ambiente público, tendo em conta as noções dos visitantes sobre águas de qualidade inferior (Hills *et al.*, 2002 e Birks *et al.*, 2004).

Na *Dome* existem seis edifícios centrais, onde as casas de banho estão equipadas com dispositivos de elevada eficiência hídrica. A correta instalação dos sistemas demonstrou-se um fator importante, dado que ocorreram perdas significativas de água pela má instalação.

Um inquérito efetuado aos visitantes mostrou que a aceitação era muito positiva em relação à utilização de água de qualidade inferior para fins não potáveis.

Ao fim de um ano de estudo, concluiu-se que a principal barreira ao aproveitamento de água pluvial foram as restrições de armazenamento no local, o que significou que um máximo de 100 m³/dia podia ser recolhido.

Millennium Green

Este empreendimento eficiente foi construído pela *Gusto Homes*. Cada casa apresenta um sistema individual de aproveitamento de águas pluviais, sendo estas recolhidas em todas as coberturas disponíveis, filtradas e armazenadas em reservatórios individuais com 3300 litros. A água pluvial é depois utilizada nas descargas de autoclismos, lavandarias e no abastecimento das torneiras exteriores (*Environment Agency*, 2010). O SAAP utiliza reservatórios subterrâneos, suficientemente grandes para abastecer as habitações por 18 dias. Se o reservatório de abastecimento começar a esvaziar, o reservatório será automaticamente abastecido com água da rede pública, os consumidores são avisados se tal acontecer (*Environment Agency*, 2003).

Upton Project, Northampton

A empresa *Freerain* forneceu os seus sistemas modernos, que recolhem a água pluvial dos telhados e a encaminham para um reservatório, a cada uma das 120 habitações construídas no Projeto *Upton*. Esta água é então usada em descargas sanitárias, lavagem de veículos, lavagem de roupa e rega de jardins. Estes sistemas de aproveitamento de águas pluviais contribuem para uma redução no

consumo doméstico de 40%, quando comparados com projetos equivalentes, sendo uma das maiores aplicações desta técnica no Reino Unido (Rajgor, 2006).

- França

Mauberge Toulouse Renault

O projeto *Mauberge Toulouse* foi efetuado pela *Dégremont* em 1999, uma empresa que desenvolve projetos relacionados com água no mundo todo. Existe um sistema de aproveitamento e tratamento de águas pluviais que recolhe 32.000 m³ de água em 39 hectares, suprimindo entre 35% e 40% das necessidades de produção. Existem 3 reservatórios com capacidade para 2200 m³, 1600 m³ e 1400 m³ e uma cisterna de reserva com 200 m³. Este sistema teve um investimento de 2,6 milhões de Euros e apresentou um prazo de amortização entre 3 e 4 anos (Bertolo e Simões, 2010).

- Brasil

O Brasil possui 12% de toda a água doce do mundo e um dos maiores rios, o Amazonas. Em cidades como o Rio de Janeiro, São Paulo ou Curitiba o aproveitamento de águas pluviais é considerado obrigatório para controlo de cheias e como medida de diminuição do consumo de água potável (Bertolo e Simões, 2010).

A ABMAC, Associação Brasileira para o Manejo de Água da Chuva, é uma das principais impulsionadoras deste conceito no país. Esta associação fez com que fossem construídas 1000 cisternas no nordeste brasileiro, para além de realizar palestras e participar em fóruns internacionais.

Aeroporto Santos Dumont

O SAAP presente neste aeroporto foi da autoria da Cosch, representante da 3P Technik no Brasil, e foi um dos grandes projetos desenvolvidos no país. A área de recolha tem 14.150 m² e um potencial de armazenamento médio de 1.085 m³/mês (Cosch, 2007).

Jogos Pan Americanos 2007

Foram desenvolvidos projetos pela Cosch para o Estádio João Havelange, o Parque Aquático Maria Lenk, a Arena Polidesportiva e o Velódromo (Cosentino, 2009). Os projetos foram elaborados de modo que, a partir do momento que a água cai na área de recolha, o sistema começa a reduzir os resultados da velocidade, turbulência e vibração, fazendo com que a água tenha mais qualidade, para fins não potáveis, como descargas sanitárias, rega, combate a incêndios e lavagem de pavimentos.

O Estádio João Havelange tem uma superfície de recolha de 13.000 m² e uma capacidade total média de armazenamento de 953 m³/mês.

O Parque Aquático Maria Lenk tem uma superfície de recolha com 6.000 m² e mensalmente consegue armazenar até 460 m³ de água da chuva.

A Arena Polidesportiva conta com uma área de recolha de 14.750 m², com uma capacidade de armazenamento mensal de 1.148 m³, distribuídos por quatro reservatórios com 140 m³ de volume.

Finalmente, o Velódromo possui uma área de captação com 3.000 m² e consegue armazenar 233 m³/mês de água pluvial, distribuídos por dois reservatórios com capacidade para 70 m³.

Projeto Coca-Cola Brasil

A Coca-Cola Brasil, constituída pela sede da Coca-Cola no Rio de Janeiro e 17 grupos de produtores, dá importância ao uso racional e eficiente da água uma vez que é o seu principal material de produção. Assim, a Coca-Cola uniu-se ao programa Água Limpa que procura a redução do consumo de água, a prevenção do desperdício, promover a reutilização da água e procurar fontes alternativas (Coca-Cola Brasil, 2006).

O consumo de água pela Coca-Cola foi drasticamente reduzido e um dos fatores que contribuíram para tal foi a procura por fontes alternativas de água. A Coca-Cola deixou de usar água do serviço de abastecimento público e começou a recolher a sua própria água, maioritariamente água pluvial. Em 2005, foi implementado o SAAP na sede que serve para alimentar as torres de arrefecimento.

Associação Programa Um Milhão de Cisternas (AP1MC)

O Programa de Formação e Mobilização Social para a Conveniência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais ou AP1MC tem como objetivo fornecer um milhão de cisternas para aproveitamento de águas pluviais a famílias da zona rural do semiárido do Brasil, não esquecendo a educação ambiental das pessoas. Este programa tem como mentor e gestor a ASA, Articulação no Semiárido Brasileiro, que se baseia em parcerias com ONG, o Governo, empresas, entre outros. Os estados que beneficiam deste programa são a Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará, Piauí, Norte de Minas Gerais e Nordeste de Espírito Santo. As cisternas têm uma capacidade de 16 m³ e a água tem como finalidade usos domésticos, como cozinhar e beber (Alt, 2009).

Programa Prochuva

Este programa foi desenvolvido pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável, SDS, em parceria com a Fundação Nacional de Saúde, FUNASA, tendo como principal objetivo a melhoria da qualidade de vida das populações que vivem nas margens do Amazonas (Figura 2.17).

O aproveitamento das águas pluviais fornece água com melhor qualidade para consumo e para higiene pessoal. A água pluvial sofre um desvio de *first flush* e, posteriormente é desinfetada com cloro, o que diminuiu os casos de doença (Bertolo e Simões, 2010).



Figura 2.17 - Sistema Prochuva

Fonte: Portal da Amazônia, 2009

- Estados Unidos da América

National Volcano Park, Havai

Foi implementado um sistema de aproveitamento de água pluvial no *National Volcano Park* que dá para abastecer 1000 trabalhadores e residentes do parque e ainda 10.000 visitantes diários. Este SAAP inclui um telhado com 0,4 hectares, uma área de captação subterrânea com 2 hectares e ainda dois reservatórios reforçados com betão de 3.800 m³ cada e 18 reservatórios em madeira com capacidade para 95 m³ cada (Figura 2.18). De modo a fornecer água com boa qualidade aos utilizadores do parque foi ainda instalada uma central de bombagem e tratamento da água (UNEP, 2006).



Figura 2.18 - Reservatório em madeira no Havai, EUA

Fonte: UNEP, 2006

- Canadá

Toronto Healthy House

Esta habitação unifamiliar geminada, tem 160 m², três quartos e quatro andares num lote vazio no centro de Toronto. A casa não está ligada à rede de abastecimento público de água uma vez que é autossuficiente, possuindo também equipamentos hídricos eficientes (Baynes, 2002).

É feita a recolha da água pluvial num reservatório dividido em três compartimentos com um volume de 3,8 m³, feito em betão e com um *deck* de madeira na parte superior. O reservatório é enterrado exceto em 30 cm no topo. A água pluvial é recolhida, filtrada, purificada e armazenada para consumo e lavagens em chuveiros, máquinas de lavar roupa e casas de banho.

Os custos são acessíveis, sendo os custos anuais operacionais inferiores a \$300. O consumo de água por habitante é de 40 L/dia.

- Austrália

Neste país, as elevadas necessidades de água levaram à busca de soluções alternativas para fazer face ao problema. Existem, assim, variadas técnicas e empresas disponíveis ao público (Figura 2.19) (Bertolo e Simões, 2010).



Figura 2.19 - Reservatório numa habitação, Austrália

Fonte: Bertolo e Simões, 2010

- ANZ Stadium

Este estádio é um exemplo de responsabilidade ecológica. Toda a água pluvial é recolhida da cobertura do estádio e armazenada em quatro grandes reservatórios enterrados, com capacidade para 2,3 milhões de litros, para rega do relvado e descargas sanitárias (ANZ Stadium, 2010).

- Japão

No Japão, o aproveitamento de águas pluviais é efetuado para minimizar os efeitos da falta de água, para controlar as cheias e para assegurar água para emergências (UNEP, 2006).

- Ryogoku Kokugikan Sumo-Wrestling Arena, Sumida City

Este empreendimento construído em 1985 é conhecido pelo seu uso de águas pluviais em grande escala. A cobertura com 8.400 m² recolhe água pluvial, que é encaminhada para um reservatório subterrâneo com capacidade de 1.000 m³, e é utilizada para descargas de autoclismos e para o ar condicionado.

- Rojison, Tóquio

Este simples e único sistema foi erigido pelos residentes locais e tem como objetivo a utilização de água pluvial para a rega de jardins, o combate a incêndios e também a utilização de água potável em caso de emergência (Figura 2.20).



Figura 2.20 - Rojison, sistema utilizado a nível comunitário, Tóquio, Japão

Fonte: UNEP, 2006

- Índia

- Balisana

Em Balisana os habitantes construíram um SAAP para a comunidade partindo de um tanque em barro com cerca de 300 anos. A partir do tanque, a água pluvial é encaminhada para um poço de recarga, por fim, é bombada para um reservatório (CSE, 2002).

- Nova Deli

Escola de Mira Model

A precipitação média anual em Nova Deli é de 611 mm, a escola tem uma área de recolha com 16.200 m² e conseguem-se aproveitar 4.454 m³ de água pluvial, contudo este valor apenas representa 45% do potencial de aproveitamento. A água pluvial é utilizada para fins não potáveis (Bertolo e Simões, 2006).

A água pluvial é recolhida nas coberturas e nas zonas impermeabilizadas totalizando 13.910 m², contabilizando um total de 4.446 m³ de água aproveitada.

- China

A Província de Gansu é uma das províncias com maiores problemas de escassez de água, com a média de precipitação anual nos 300 mm. Os recursos hídricos superficiais e subterrâneos são limitados, logo a agricultura depende da água pluvial e a população tem que recorrer a meios pouco seguros de abastecimento de água. Em 1995/96, o Projeto *Rainwater Catchment 121*, implementado pelo Governo da Província de Gansu, apoiou os agricultores locais ao construir um campo de aproveitamento de águas pluviais, dois reservatórios para armazenamento da água e ao fornecer um pedaço de terra para o crescimento de culturas. Por volta do ano de 2000, um total de 2.183.000 reservatórios de água pluvial, já tinham sido construídos com uma capacidade de armazenamento de 73,1 milhões de m³, fornecendo água para 1,97 milhões de pessoas e água para rega de 230.000 hectares de terra (UNEP, 2006).

Desde então, 17 províncias chinesas adotaram o aproveitamento de águas pluviais, construindo 5,6 milhões de reservatórios com capacidade de 1,8 mil milhões de m³.

- África

Apesar de em algumas zonas de África se ter experienciado um rápido crescimento da utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, o seu progresso foi mais lento do que no Sudeste Asiático. Isto deve-se em parte à fraca precipitação e à sua sazonalidade natural, ao baixo número de coberturas impermeáveis e aos elevados custos da construção de sistemas de recolha comparados com os rendimentos do agregado comum. Apesar de tudo, o aproveitamento de água pluvial está a espalhar-se por todo o continente, com projetos no Quénia, Botswana, Togo, Mali, Malawi, África do Sul, Namíbia, Zimbabué, Moçambique, Serra Leoa e Tanzânia, entre outros.

Desde o final da década de 1970 que têm surgido variados projetos no Quénia, em combinação com os esforços dos empreiteiros locais, os *fundis*, usando os seus próprios *designs* (Figura 2.21). Estes foram responsáveis pela construção de dezenas de milhares de reservatórios para aproveitamento de água pluvial pelo país.



Figura 2.21 - Reservatório para água pluvial construído por *fundis*, Quénia

Fonte: UNEP, 2006

2.5.6.2 Exemplos em Portugal

Atualmente, já existe em Portugal uma grande variedade de exemplos de empreendimentos com aproveitamento de águas pluviais, desenvolvidos por entidades públicas e privadas. Apesar de não existir uma norma específica portuguesa, os projetos seguem em frente utilizando normas e diretivas de outros países que contribuem para as boas práticas, ou então os projetos poderão ser realizados com falhas e com defeitos na utilização (Bertolo e Simões, 2010).

Em Portugal, existem todos os produtos e serviços em comercialização disponibilizados por várias empresas. Estão disponíveis sistemas de aproveitamento de águas pluviais completos ou com as componentes em separado (F. Oliveira, 2008).

Em seguida apresentam-se alguns exemplos de utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais por todo o país.

- Faro

Casa Oásis

Este empreendimento é uma moradia familiar, com dois pisos e para fins turísticos (Pinheiro, 2006). Como a moradia não está ligada ao sistema público de abastecimento de água, os consumos são reduzidos ao mínimo. Existe um sistema de recolha e aproveitamento de águas pluviais para as atividades interiores, como descargas de autoclismos e banhos, excetuando as atividades de consumo e ingestão de água. A água é armazenada numa típica cisterna enterrada algarvia (Figura 2.22).



Figura 2.22 - Casa Oásis, Faro

Fonte: Pinheiro, 2006

- Alcácer do Sal

Herdade da Boavista e Sampaio

Esta herdade surgiu de um projeto de turismo *eco-friendly* e situa-se no Alentejo. Este empreendimento incorporou um sistema de aproveitamento de águas pluviais, que recolhe a água das coberturas. A água pluvial é utilizada para rega das zonas verdes adjacentes (Freire, 2010).

- Lisboa

Parque Oeste, Alto do Lumiar

Neste parque é feito o aproveitamento das águas pluviais. A localização do parque num vale, permite que seja constituída uma bacia de retenção que permite que a água pluvial seja aproveitada para rega de toda a vegetação (F. Oliveira, 2008)

Sede da SETH – Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos S.A., Queijas

O edifício da sede da SETH em Queijas faz o aproveitamento de águas pluviais da cobertura e terraços, sendo esta utilizada para rega e para descargas sanitárias.

O sistema instalado neste edifício foi monitorizado durante 21 meses, ao nível dos registos de consumo de água com origem no SAAP e dos registos de consumos com origem na rede pública. Estes resultados foram comparados com os resultados das simulações que haviam sido realizadas durante o projeto e os resultados são semelhantes, logo o simulador utilizado parece ser de confiança (Bertolo e Simões, 2010).

Natura Towers, Telheiras

Este empreendimento que alberga a sede da MSF Engenharia é o verdadeiro exemplo de edifício sustentável, com medidas de eficiência energética e hídricas a vários níveis (Figura 2.23) (GJP Arquitetos, 2009). O sistema de aproveitamento das águas pluviais recolhe a água das coberturas, sendo esta armazenada nas caves. A água é posteriormente utilizada para rega (*Natura Towers*, 2009).



Figura 2.23 - Natura Towers, Telheiras

Fonte: GJP Arquitetos, 2009

Edifício Mar Mediterrâneo, Parque das Nações

O Edifício Mar Mediterrâneo foi concluído em março de 2007 e neste momento está totalmente ocupado pela Sonaecom. Para além do bom desempenho em relação à eficiência e à racionalização do consumo energético, este edifício também possui um sistema de aproveitamento de águas pluviais, que as utiliza para descargas de autoclismos (Quadros, 2010).

Projeto “Casa do Futuro” da AveiroDomus

Este projeto resulta de parceria entre 12 empresas da zona de Aveiro e a Universidade de Aveiro. A “Casa do Futuro” tem como objetivos a construção sustentável com redução do consumo de recursos e a manutenção de uma boa relação com os ecossistemas locais (Silva-Afonso, 2008).

Ambiciona-se que este projeto tenha uma certificação de eficiência hídrica semelhante à eficiência energética, através de letras.

Na Casa do Futuro adotaram-se dispositivos de baixo consumo aliados à utilização de fontes alternativas de abastecimento, como o aproveitamento de águas pluviais para as descargas de autoclismos, lavagens de chão, máquinas de lavar roupa e rega e a reciclagem das águas residuais domésticas para rega do jardim.

Empreendimento Cooperativo da Ponte da Pedra

Este empreendimento surgiu da união entre a NorteCoope, a Sete Bicas e a Ceta (Norbiceta), sendo que a primeira fase foi inaugurada em 2003. Este projeto reabilitou a zona onde foi inserido uma vez que anteriormente era uma instalação poluente e degradada (Bertolo, 2006).

No início de 2005, começou o primeiro empreendimento nacional de habitação sustentável. Neste empreendimento as águas das chuvas são utilizadas em descargas sanitárias e na rega de jardins. A recolha da água pluvial efetua-se nas coberturas dos edifícios, sendo esta encaminhada para o reservatório enterrado em betão. Uma vez que as águas freáticas também são recolhidas, o risco de falta de água nas estações quentes é mais reduzido. A água armazenada no reservatório enterrado é, em seguida, bombada para cisternas que se encontram nos sótãos dos edifícios.

2.5.6.3 Não Conformidade com os Regulamentos

No empreendimento de *Upton*, em Northampton, ocorreu um incidente com a qualidade da água potável que revelou os riscos associados ao não seguimento dos regulamentos (*Environment Agency*, 2011).

Inicialmente, a *Anglian Water* começou por receber queixas de um odor “a esgoto” na água da torneira de uma habitação no empreendimento, o que resultou na identificação de um pequeno número de casos de contaminação por *E. coli*.

Um relatório completo do *Drinking Water Inspectorate* (DWI) concluiu que existia uma ligação cruzada de redes entre o sistema de aproveitamento de água pluvial e o abastecimento público. As seguintes questões contribuíram para a contaminação:

- Sinalização – Houve várias visitas por parte da companhia ao local da primeira queixa antes da causa do odor estar determinada. Contudo, só na quarta visita é que se soube que estava instalado um SAAP na habitação. Só após esta descoberta é que se começou a fazer uma inspeção aos acessórios. Houve mais atrasos, pois as tubagens do SAAP estavam escondidas por trás dos equipamentos de cozinha. Durante a inspeção às restantes habitações, a *Anglian Water*, descobriu falhas de sinalização dos SAAP na maioria das habitações.
- Não conformidade com os regulamentos – havia lacunas nos regulamentos, o que resultou no uso incorreto das ligações cruzadas. Não existia aparelho de deteção de refluxo e algumas válvulas estavam abertas, permitindo que a água pluvial entrasse nas tubagens da água potável.

No total, três ligações cruzadas abertas foram identificadas no empreendimento de *Upton*. Encontraram-se ligações cruzadas em 87 habitações, contudo, as válvulas estavam fechadas, evitando a contaminação da água potável.

2.5.7 Legislação e Normalização

A Diretiva Quadro da Água (DQA), Diretiva 2000/60/CE, em vigor desde dezembro de 2008, tem como objetivo a preservação do meio ambiente, acrescentando à legislação já existente, um foco para a correta gestão global dos recursos hídricos e estabelecendo uma combinação entre objetivos qualitativos e quantitativos (Taneco, 2008).

A DQA foca-se na atualização, complementação e consciencialização da legislação comunitária no domínio da água, fazendo com que exista um funcionamento adequado dos ecossistemas aquáticos e terrestres que necessitam de água e que as utilizações só acontecem se não forem prejudiciais aos mesmos.

As razões para a elaboração da DQA prendem-se com a necessidade de evitar a degradação da qualidade da água doce com ações que a protejam quantitativamente e qualitativamente. Apresenta-se também como razão para a DQA a utilização ponderada dos recursos hídricos e a necessidade de cooperação entre os países membros da União Europeia para a sua proteção, assegurando que a água que é consumida tem boa qualidade. Cada Estado Membro tem regras próprias de proteção dos seus recursos hídricos, e é obrigado a identificar todas as bacias hidrográficas no seu território.

2.5.7.1 Legislação Portuguesa

Hoje, ainda não existe legislação nacional que controle o aproveitamento de águas pluviais em usos urbanos não potáveis. De salientar que foi publicada recentemente a Resolução da Assembleia da República n.º 10/2011 a qual recomenda “ao Governo que tome a iniciativa de prever a construção de redes secundárias de abastecimento de água, com aproveitamento das águas pluviais, em edifícios, instalações e equipamentos públicos de grande dimensão, tendo em vista a sua utilização para usos e fins não potáveis, no sentido de se obterem ganhos ambientais, energéticos e económicos” (Resolução da Assembleia da República n.º 10/2011, 2011 e Silva-Afonso, 2011a).

Segundo o descrito no Decreto-Lei n.º 207/94 de 6 de agosto, as primeiras regulamentações em relação ao abastecimento de água e à drenagem de esgotos, datavam de 1943 e de 1946, respetivamente. O referido Decreto-Lei supriu a necessidade de atualização das leis existentes em matéria de sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais (Decreto-Lei n.º 207/94, 1994).

A 23 de agosto de 1995, surge o Decreto Regulamentar n.º 23/95, para agregar num só texto legislativo os principais princípios aprovados pelo Decreto-Lei n.º 207/94. Neste Decreto Regulamentar são definidas “as águas residuais pluviais (...), resultam da precipitação atmosférica caída diretamente no local ou em bacias limítrofes contribuintes e apresentam geralmente menores quantidades de matéria poluente, particularmente de origem orgânica” (Decreto Regulamentar n.º 23/95, 1995).

Como já foi referido, as águas pluviais são definidas como águas não potáveis, deste modo a sua utilização será restringida a rega, sistemas de incêndios, lavagem de pavimentos e veículos, descargas de autoclismos e lavagem de roupa. Contudo, segundo o Decreto Regulamentar 23/95, mais precisamente no Artigo 86º - Utilização de Água Não Potável, a utilização de águas não potáveis para alguns dos usos antes descritos está interdita nas edificações (Decreto Regulamentar n.º 23/95, 1995):

1 – A entidade gestora do serviço de distribuição pode autorizar a utilização de água não potável exclusivamente para a lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, desde que salvaguardadas as condições de defesa da saúde pública.

2 – As redes de água não potável e respetivos dispositivos de utilização devem ser sinalizados.

Em alguns Regulamentos Municipais, como por exemplo no Seixal, não é permitida a ligação de poços ou de outras fontes de água à canalização interior de prédios. No entanto, o Decreto Regulamentar n.º 23/95 e outros Regulamentos Municipais, como por exemplo de Almada, apenas impõem que as redes sejam independentes (F. Oliveira, 2008).

O Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto regulamenta a qualidade da água para consumo humano, tendo como principal objetivo a proteção da saúde humana dos efeitos prejudiciais que possam ocorrer por contaminação da água potável, assegurando a sua limpeza e a sua salubridade. Neste Decreto-Lei, são definidos os critérios de verificação da qualidade da água, tendo em conta parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos (Decreto-Lei n.º 236/98, 1998). A água para consumo humano é então descrita como aquela que se encontra no seu estado original, ou que é tratada de modo a ser consumida. As características da água para consumo humano são que não deve por em risco a saúde, deve ser agradável à vista e ao paladar e não deve causar destruição do sistema de abastecimento.

Por imposição da DQA, foi publicada a Lei da Água, aprovada pela Lei nº 58/2005 de 29 de dezembro, que adequa a diretiva à realidade nacional e na sequência desta surge o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) em 2001, aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 113/2005 no Diário da República n.º 124 – 1ª Série de 30 junho de 2005. O PNUEA foi escrito de modo a avaliar a eficiência da utilização da água em Portugal nos vários setores, propondo um vasto conjunto de medidas para melhorar a utilização da água (PNUEA, 2001 e Almeida *et al.*, 2006). As medidas que abordam o aproveitamento de águas pluviais são a medida 8 (reutilização ou uso de água de qualidade inferior), a medida 38 (utilização da água chuva em jardins e similares) e a medida 45 (utilização da água da chuva em lagos e espelhos de água).

Foi criado também um grupo de trabalho interministerial, de modo a garantir a operacionalidade do PNUEA, no Despacho Conjunto n.º 405/2006, no Diário da República n.º 98 – 2ª Série de 22 de maio de 2006. Este grupo é composto, entre outros, pelo INAG, pelo IRAR e pelo LNEC (Mendes, 2008).

A ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais) criou um enquadramento técnico, através de Especificações Técnicas, de maneira a garantir a correta elaboração dos projetos e instalações. Importaram-se conceitos e soluções técnicas integradas em países como o Brasil e a Alemanha, dando origem à Especificação Técnica ANQIP 0701 (ETA 0701). Devido à falta de leis que regulamentem a situação em Portugal, a implementação da Certificação voluntária das instalações,

estabelecida na ETA 0702, não tem sido bem aceite por projetistas, empresas e cidadãos, apesar de ter um baixo custo (Silva-Afonso, 2011a).

A ETA 0701, como já foi escrito, tem em conta o caso alemão, e limita o armazenamento da água pluvial a um mês apenas, o que não se adequa ao clima mediterrâneo típico de Portugal.

Os futuros regulamentos devem estabelecer e não dificultar aspetos relativos ao uso eficiente da água.

2.5.7.2 *Legislação Internacional*

- Espanha

Não existe uma norma nacional que regule as instalações de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Surgiram, no entanto, algumas normas regionais. Na Catalunha, o *Decreto Ecoeficiencia* 21/2006 obriga a realização de uma rede de saneamento dupla que permita separar as águas pluviais das residuais. Na Cantábria quem instalar sistemas de recuperação de água pluvial recebe uma bonificação até 3.000€ (Arribas Torras, 2011).

- Reino Unido

No Reino Unido foi introduzida a *British Standard 8515:2009*, havendo pela primeira vez uma orientação clara sobre quais são os padrões mínimos aceitáveis que as empresas de aproveitamento de águas pluviais e as pessoas que especifiquem os seus sistemas têm que cumprir (*Stormsaver*, 2009).

Esta norma aborda o dimensionamento, a instalação, a qualidade de água, a manutenção e a gestão do risco de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para edifícios novos ou em reabilitação para usos como lavandaria, descargas de autoclismos e rega de jardins (*BSI Group*, 2009 referenciado por Quadros, 2010).

- Alemanha

A Norma alemã é a *DIN 1989-1:2001-10 Regenwassernutzungsanlagen*, ou seja, Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial. Esta norma aplica-se a todos os sistemas de aproveitamento de águas pluviais em habitações e em usos comerciais, industriais e organizações públicas, onde esta seja utilizada para descargas de autoclismos, arrefecimento, lavagens, limpezas e rega de jardins, não abordando as lavagens de roupa (*Deutsches Institut für Normung*, 2002).

De acordo com o *Virginia Rainwater Harvesting Manual* (2009), o dimensionamento dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais deve seguir a *DIN 1989* de modo a ser seguro e de elevada qualidade. Afirmando que seguir a *DIN 1989* seria outro passo para estabelecer normas internacionais no aproveitamento de águas pluviais.

- Brasil

No Brasil, o Decreto n.º 24.643, de 10 de julho de 1934, decreta o Código das Águas, que no Artigo 103º institui que as águas das chuvas pertencem ao dono do prédio onde caem, podendo o dono fazer delas o que quiser. Este artigo não foi modificado pela Lei n.º 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que instaura a Política Nacional de Recursos Hídricos (N. Oliveira, 2008).

No Código Sanitário do Estado de São Paulo (Decreto 12.342, de 27 de setembro de 1978), o artigo 12, item III, salienta que não deve existir cruzamento das redes de água pluvial e potável.

A Prefeitura Municipal de Curitiba estabeleceu a Lei n.º 10.785 de 18 de setembro de 2003, que formou o Programa de Conservação e Uso Racional de Águas nas Edificações – PURAE (N. Oliveira, 2008). A Prefeitura Municipal de São Paulo com a Lei n.º 14.018 de 28 de junho de 2005 constitui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações, que tem por base a implementação de medidas que levam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas de captação de água e à sua reutilização em edifícios novos.

A ABNT NBR 15527:2007 – *Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*, fornece os requisitos para o aproveitamento de água pluvial (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007).

- Estados Unidos da América

Nos EUA existe a *American Rainwater Catchment Systems Association* (ARCSA), que tem vindo a alertar a população para a problemática da escassez de água, promovendo os sistemas de aproveitamento de águas pluviais por conferências e *workshops*. Outro dos seus objetivos é ajudar a estabelecer diretivas para a construção e operação deste tipo de sistema (ARCSA, 2012 e *HarvestH2o*, 2012).

O aproveitamento de águas pluviais está a ganhar expressão em cada vez mais estados e cidades dos EUA. Segue-se uma lista com alguns exemplos de sucesso (*HarvestH2o*, 2012).

- Arizona

O Projeto de Lei do Senado 1522 (SB 1522) deseja uma mudança drástica na Lei da Água do Arizona, criando um quarto tipo de água chamado água pluvial armazenada (*harvested rainwater*). O SB 1522 implica um macro aproveitamento de águas pluviais, que em vez de recolher a água dos telhados das habitações envolveria projetos de grandes dimensões para as recolher.

Em outubro de 2005 foi lançado o *Water Harvesting Guidance Manual* da cidade de Tucson, para ser utilizado para planear uma estratégia de implementação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais para novas construções, incluindo planos municipais.

- Califórnia

Em 2011 surgiu a *California Rainwater Capture Act*, também conhecida como Lei AB 275, que autoriza o dono de um terreno a instalar e operar, na sua propriedade, um sistema de aproveitamento de águas pluviais de acordo com requisitos específicos. A Lei aprova que um empreiteiro possa dimensionar e instalar todos os componentes de um SAAP desde que não faça parte nem esteja contíguo a uma estrutura.

- Havai

O aproveitamento de águas pluviais é um negócio em crescimento no Havai devido ao crescimento da população e à falta de infraestruturas. Em muitas zonas não existem aquíferos e consequentemente não existe acesso ao abastecimento público. Fazer um poço torna-se proibitivamente caro então a única solução é transportar água ou aproveitar a água pluvial. Em março de 2008 passou uma resolução que pede para que cada condado estude a viabilidade de lançar um programa de conservação de água que inclua o aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis.

- Austrália

Existe cada vez mais o apoio do Governo para a utilização de reservatórios de água pluvial na Austrália e existem requisitos legais em muitas áreas, relacionados com o dimensionamento e a instalação destes sistemas. Em algumas zonas, onde o abastecimento público não está disponível, existem regulamentos associados com a provisão de água para combate a incêndios.

O cruzamento de um reservatório com o abastecimento público nunca deve acontecer sem se consultar as autoridades locais. Existem normalmente restrições incluindo a utilização de equipamentos que impeçam o refluxo, impedindo a possibilidade de a água pluvial entrar no abastecimento público (*EnHealth Council*, 2004).

Em Victoria existe a *5 Star Standard* que, desde 2005, preconiza que os novos edifícios habitacionais devem ir de encontro a uma eficiência de cinco estrelas em termos energéticos e hídricos. Requer também a instalação de um reservatório de água pluvial para descargas de autoclismos ou um sistema de painéis solares para água quente (*Rainwater Harvesting*, 2012).

Em South Australia, as novas habitações devem ter um reservatório para águas pluviais.

Em Sydney e em New South Wales, os regulamentos de edifícios BASIX (*Building and Sustainability Index*) pedem uma redução de 40% na utilização de água de abastecimento público. Esse valor pode ser alcançado pela utilização de água pluvial para usos exteriores e descargas de autoclismos.

Na Gold Coast foi construído um reservatório para água pluvial com capacidade para 3 m³ (3000 litros) para as regiões de Pimpama e Coomera para todas as habitações e centros de negócios ligados ao sistema Classe A+ de água reciclada.

Em Queensland é oferecido um desconto até 1500 AUD para a compra e instalação de reservatórios domésticos pelo Estado de Queens.

2.5.8 Caracterização da Pluviosidade em Portugal

Em Portugal, a instituição que caracteriza a pluviosidade (em Portugal Continental) é o INAG, o Instituto Nacional da Água. Existem 618 postos de monitorização da precipitação, que registam a precipitação diária há pelo menos 10 anos. Destes, 42 postos apresentam um histórico mais extenso (Bertolo e Simões, 2010).

Portugal Continental apresenta um clima mediterrâneo, ou seja, sem períodos de precipitação excessiva ao longo do ano, situação que se tem vindo a modificar ultimamente (Bertolo, 2006). Pela Figura 2.24, nota-se o contraste entre o Norte e o Sul do Tejo, apesar de ter diminuído nos últimos anos. Os cumes das principais montanhas a norte do Rio Tejo coincidem com as regiões com maior pluviosidade.

A precipitação média anual em Portugal pode variar dos 450 mm em Faro aos 3.000 mm na Serra do Gerês (F. Oliveira, 2008).

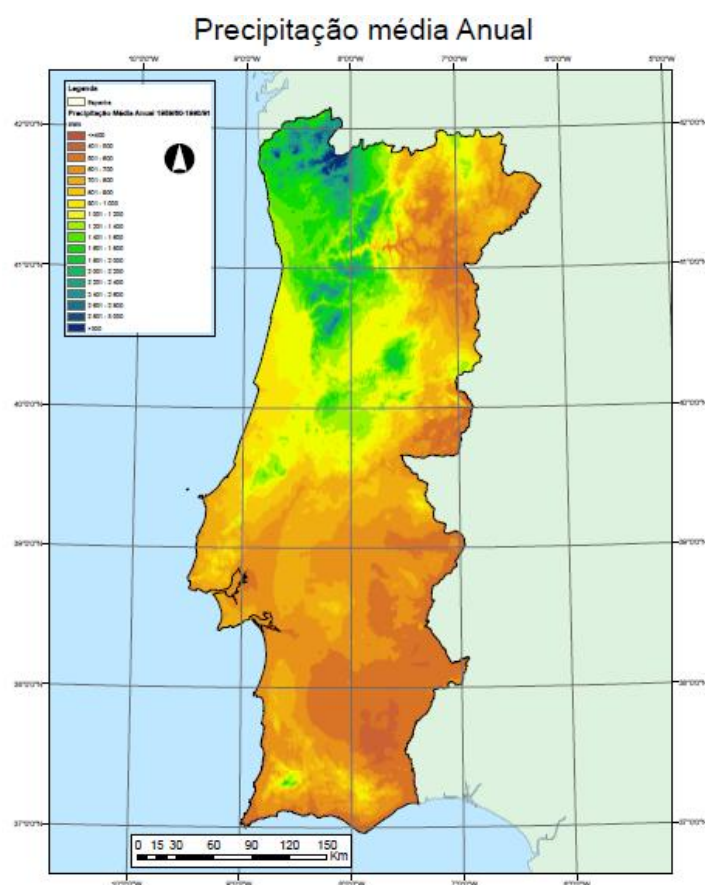


Figura 2.24 - Precipitação média anual em Portugal Continental, ano de 2009

Fonte: SNIRH, 2009

2.6 Aproveitamento de Águas Cinzentas

2.6.1 Conceito de Aproveitamento de Águas Cinzentas e Potenciais Usos

Atualmente, a procura de água é em locais cada vez mais distantes do local de consumo. De sistemas de captação individuais em poços ou furos, passou-se para a captação em sistemas coletivos locais nas redondezas e evoluiu-se para sistemas de captação regionais ainda mais distantes dos pontos de consumo (Taneco, 2008). Em caso de seca, todas as captações poderão falhar, assim é premente pensar em soluções como a reutilização e reciclagem de águas para fazer face a estes problemas.

A “*Agenda 21 - Programa de Ação Global para o Desenvolvimento Sustentável do Século XXI*”, resultante da conferência do Rio, diz, no Ponto 18.2: “Apela-se a todos os Estados para implementarem atividades para melhorar a gestão integrada dos Recursos Hídricos entre as quais novas e alternativas fontes de abastecimento de água, tal como a dessalinização da água do mar e a reutilização e reciclagem das águas residuais”.

Mais de 10% da população mundial consome alimentos irrigados com águas residuais. A percentagem é superior nas populações mais pobres e em regiões áridas e semiáridas (WHO, 2006).

As águas residuais dividem-se em águas negras e águas cinzentas, sendo que as águas negras são provenientes de sanitas, lava-louças e máquinas de lavar louça e as águas cinzentas provêm de lavandaria, tanques, chuveiros, banheiras e lavatórios. O que difere estes tipos de águas residuais é principalmente a sua composição (Rossa, 2006, Almeida *et al.*, 2006 e Winward *et al.*, 2008).

A reutilização ou reciclagem de águas cinzentas, já é tomada, em vários países, como uma medida adequada para reduzir os consumos urbanos de água potável. Contudo, em alguns países ainda existe limitação em relação ao seu uso, devido a questões relacionadas com o risco para a saúde pública. As águas cinzentas, após sofrerem um tratamento adequado de filtração e desinfecção, podem ser utilizadas em descargas de autoclismos, sistemas de rega, agricultura e sistemas de combate a incêndios (WHO, 2006 e Barroso, 2010).

Nos países onde a reutilização de águas cinzentas é numa escala substancial, há a necessidade de criar diretivas e normas distintas para tal (WHO, 2006). Há que ter alguns critérios em conta, na reutilização de águas cinzentas como a preservação da saúde dos utilizadores, a preservação do meio ambiente, o atendimento às exigências de qualidade para o uso a que se destina e a quantidade deve ser suficiente para esse mesmo uso (ANA, 2005).

Deve ter-se em consideração que a água cinzenta que não é tratada pode apresentar um risco para a saúde, uma vez que tem alguns dos mesmos microrganismos que a água negra, mesmo que em quantidades muito menores, logo deve passar por algum tratamento (Sutherland, 2008).

No entanto, em Portugal, a utilização de águas cinzentas só é praticável, regulamentarmente, para usos exteriores. Esta limitação prende-se com os aspetos de defesa de saúde pública que poderá ser posta em causa no caso de cruzamentos entre redes de abastecimento prediais. Se tal ocorresse, seria mais complicado a sua deteção após a construção do sistema (Almeida *et al.*, 2006).

A implementação destes sistemas requer um investimento significativo devido à instalação de uma rede dupla e de um sistema e tratamento adequado ao uso final da água.

2.6.2 Benefícios do Aproveitamento de Águas Cinzentas

Se utilizado para descargas de autoclismos, um sistema de aproveitamento de águas cinzentas bem dimensionado e funcional pode, potencialmente, poupar um terço de água potável da rede pública. Quanto maior for a proporção de água cinzenta utilizada, maior a poupança de água do abastecimento público que será possível, o que diminuirá a pressão nos recursos hídricos (*Environment Agency*, 2011).

Os principais benefícios da reutilização e reciclagem de águas cinzentas são enumerados em seguida (Rossa, 2006; Almeida *et al.*, 2006; WHO, 2006; Neves *et al.*, 2006; *Environment Agency*, 2011).

- Proporcionam uma melhor gestão integrada dos recursos hídricos e reaproveitamento de água;
- Dinamização do mercado no setor das instalações sanitárias;
- Reciclagem de instalações mais antigas;
- Redução do volume de água a tratar pelas ETAR;
- Redução do caudal de água potável;
- Redução dos custos de faturação;
- Amortização a médio prazo do investimento inicial;
- Elevada aceitação social;
- Custos de manutenção e operação reduzidos;
- Segurança no sistema, circulando a água em circuito fechado, sem risco ou com risco mínimo para a saúde pública;
- Dimensionamento dos ramais de abastecimento público de água potável para caudais menores;
- Redução do volume dos reservatórios de abastecimento de água potável;
- Facilidade de tratamento das águas cinzentas, devido à fraca poluição;
- A solução, para descargas de autoclismos, pode ser a nível individual (um sistema por casa de banho) ou a nível central (um sistema para um conjunto de sanitas ou urinóis);
- No caso da utilização de águas dos duches e lavatórios em descargas de autoclismos, a sua produção é semelhante, o que dispensa volumes significativos de armazenamento;
- Fácil realimentação do sistema com água da rede.

Como principais desvantagens do aproveitamento das águas cinzentas, salientam-se a menor qualidade da água, o investimento inicial elevado, os custos de manutenção e operacionalidade, o espaço necessário para o reservatório de armazenamento, é necessário a atualização da regulamentação para o estabelecimento de procedimentos e técnicas e podem existir limitações devido à legislação em vigor (Rossa, 2006 e Almeida *et al.*, 2006). Estes argumentos são ultrapassáveis quando comparados com os benefícios.

2.6.3 Qualidade das Águas Cinzentas

O termo qualidade da água cinzenta é vasto e cobre a qualidade física, química e biológica (Environment Agency, 2011).

A qualidade física diz respeito a quão límpida é a água (turvação), ao total de sólidos suspensos na água e à sua temperatura.

A qualidade química inclui a acidez ou alcalinidade da água (o pH), quanto desinfetante está presente (cloro ou bromo), a quantidade de oxigénio dissolvido na água e a carência bioquímica de oxigénio (CBO), que é uma medida para a quantidade de matéria orgânica presente na água.

A qualidade biológica está relacionada com a presença de bactérias e vírus. Os grupos de bactérias escolhidos como indicadores da qualidade biológica da água cinzenta são os mais abundantes nas fezes humanas e animais, ou seja, a sua presença indica contaminação fecal.

A composição da água muda consoante a sua fonte, assim, é possível segregar o efluente de um conjunto de aparelhos sanitários, sendo definidas as características. De notar, que a água cinzenta pode conter as mais diversas contaminações, dado que os habitantes utilizam os aparelhos sanitários para muitas atividades, como lavagem de feridas ou lavagem após o uso de sanitas (ANA, 2005).

Assim, o tipo de água cinzenta originado varia de acordo com o número de ocupantes da habitação, a idade dos consumidores e a sua saúde, os padrões de comportamento na utilização da água, hábitos individuais e a utilização de detergentes e sabonetes (Rossa, 2006 e Muthukumaran *et al.*, 2011).

Comparativamente às águas pluviais, as águas cinzentas podem apresentar uma contaminação patogénica mais variada, devido a lavagens e higiene pessoal e à lavagem de roupa, que poderão conter urina, fezes e produtos de limpeza (Lança, 2011).

O planeamento e o desenvolvimento de projetos que incluam o uso de águas cinzentas, devem incluir uma avaliação do impacto para a saúde pública e do impacto para o ambiente, principalmente nos casos de utilização na agricultura. As diretivas nacionais para o ambiente e para a saúde pública, devem referir-se explicitamente, a este tipo de projetos e aos seus riscos associados (WHO, 2006).

Nas casas de banho, os elementos mais comuns presentes nas águas cinzentas são detergentes, cabelos, champôs e sabões, sendo que os detergentes e produtos de limpeza mais utilizados contêm na sua composição cloro, bromo, sódio, entre outros (Neves *et al.*, 2006).

Em relação à presença de urina nas águas de duchas, é comum dizer-se que esta é inócua no caso de pessoas saudáveis, podendo conter patógenos quando existem infeções, contudo a probabilidade de estes sobreviverem fora do corpo humano é fraca. Os detergentes e desinfetantes presentes nas águas de duche levam à inativação destes patógenos (Rossa, 2006 e Neves *et al.*, 2006).

Geralmente, a água cinzenta produzida nos lavatórios é mais poluída que a água cinzenta proveniente dos chuveiros e banhos, no entanto o seu volume é menor. Alguns dos produtos utilizados surgem como nutrientes para plantas, atuando como fertilizantes e substituindo a utilização destes. Contudo, em alguns casos podem ser prejudiciais ao crescimento das plantas e ao solo, principalmente se apresentarem muito sal (ANA, 2005; Rossa, 2006 e Muthukumaran *et al.*, 2011).

Nas lavandarias, a qualidade da água cinzenta gerada melhora significativamente após pouco tempo da lavagem. Apenas quando se lavam fraldas é que a concentração de bactérias pode ser elevada. Os principais contaminantes presentes nesta água cinzenta são sabões, sal e matéria orgânica, que podem originar odores e podem também prejudicar as plantas e impermeabilizar o solo.

Os riscos mais significativos da água cinzenta são a exposição a patógenos devido a contaminação fecal. Contudo, as características físicas e químicas da água cinzenta também são importantes, uma vez que podem aumentar o crescimento de bactérias, podem interferir com o tratamento ou interromper as operações de adequação que a água necessita. Assim, a qualidade física, química e biológica da água necessita de ser adequada ao seu uso final.

2.6.4 Legislação, Normalização e Diretivas

Como a água cinzenta reutilizada não terá a qualidade da água potável, é importante gerir o rico de uma ligação cruzada com o sistema de abastecimento público. O risco é mais elevado nos sistemas dimensionados para servir mais de uma propriedade pois a rede de água cinzenta será mais complexa.

Internacionalmente, existe uma diversidade nas abordagens e nas restrições dos regulamentos das águas cinzentas, desde ser legal com algumas restrições, a ser proibido o seu uso em qualquer circunstância. Noutros casos, não existem leis claras para a reutilização de águas cinzentas e o seu uso pode ser indiretamente regulado por normas de edifícios ou de saúde, que foram elaboradas sem consideração do uso destas águas. Por exemplo, um país pode ter regulamentos para as águas residuais que não distinguem águas negras de águas cinzentas (como Omã e Jordânia), ou pode existir uma norma que proíba o fluxo de água não potável através de lavatórios, entre outros, como no Canadá (Allen *et al.*, 2010).

Contudo, o reaproveitamento de águas cinzentas está a crescer, mesmo em regiões com leis proibitivas e com leis pouco específicas. Por exemplo, estima-se que de todos os sistemas de reaproveitamento de águas cinzentas na Califórnia, apenas 0,01% sejam legais, sendo também documentado que o reaproveitamento de águas cinzentas ocorre em alguns edifícios do Médio Oriente apesar da sua ilegalidade. Assim, tendo em consideração a massiva utilização de águas residuais para irrigação em países em desenvolvimento, a *World Health Organization* estabeleceu diretivas que garantem a boa utilização das águas residuais, incluindo as águas cinzentas, para irrigação (WHO, 2006 e Allen *et al.*, 2010).

2.6.4.1 Reino Unido

- British Standard 8525

Apesar de não existir um regulamento que aborde a reutilização de águas cinzentas, o *British Standards Institute* (BSI) produziu algumas diretivas para esta técnica. Pela primeira vez, um guia incorporou os parâmetros de qualidade da água para reutilização (*Environment Agency*, 2011).

As diretivas na BS 8525 foram elaboradas tendo em consideração a *Bathing Water Directive* da Comissão Europeia e foram desenvolvidos valores com base em pesquisa detalhada nas aplicações específicas em que a água cinzenta pode ser utilizada.

Os quatro indicadores microbiológicos da qualidade da água cinzenta são a *Escherichia coli*, os *Enterococci*, a *Legionella* e os coliformes totais. No QUADRO 2.3 apresentam-se os valores de monitorização bacteriológica presentes na diretiva.

QUADRO 2.3 - Valores de monitorização bacteriológica presentes na BS 8525

Parâmetro	Utilização com pulverização	Utilização sem pulverização		
	Lavagem com pressão, <i>sprinklers</i> de rega e lavagem de veículos	Descargas de autoclismos	Rega de jardins	Lavagem de roupa
<i>Escherichia coli</i> (número/100 mL)	Não detetável	250	250	Não detetável
<i>Enterococci</i> (número/100 mL)	Não detetável	100	100	Não detetável
<i>Legionella</i> (número/100 mL)	10	N/D	N/D	N/D
Coliformes Totais (número/100 mL)	10	1000	10	10

N/D – Não disponível

Fonte: *Environment Agency*, 2011

No QUADRO 2.4 que se segue, está representada a interpretação dos resultados da monitorização bacteriológica.

QUADRO 2.4 - Interpretação dos resultados da monitorização bacteriológica

Resultado da Amostra ^{A)}	Estado	Interpretação
<V	Verde	Sistema operacional
V a 10V	Âmbar	Recolher nova amostra para confirmar o resultado e analisar o funcionamento do sistema
>10V ^{B)}	Vermelho	Suspender a utilização de água cinzenta até à resolução do problema

^{A)} V = Valor da diretiva BS 8525 (ver QUADRO 2.3).

^{B)} Na ausência de *E. coli*, *Enterococci* e *Legionella*, não há necessidade de suspender a utilização do sistema se os níveis de coliformes totais excederem dez vezes o valor da diretiva BS 8525.

Fonte: *Environment Agency*, 2011

O próximo quadro (QUADRO 2.5), revela os parâmetros relacionados com a operação do sistema, e dá uma indicação da qualidade da água que um sistema bem dimensionado e com boa manutenção deve obter.

QUADRO 2.5 - Valores de monitorização geral do sistema presentes na BS 8525

Parâmetro ^{A)}	Utilização com pulverização	Utilização sem pulverização		
	Lavagem com pressão, <i>sprinklers</i> de rega e lavagem de veículos	Descargas de autoclismos	Rega de jardins	Lavagem de roupa
Turvação	<10	<10	N/D	<10
pH	5 – 9,5	5 – 9,5	5 – 9,5	5 – 9,5
Cloro residual (mg/L)	<2,0	<2,0	<0,5	<2,0
Bromo residual (mg/L)	0,0	N/D	0,0	N/D

^{A)} Para além destes parâmetros, todos os sistemas devem ser verificados em relação a sólidos suspensos e a coloração. A água cinzenta devidamente tratada deve ser visualmente límpida, livre de detritos suspensos e não deve apresentar cor para nenhuma utilização. A ausência de cor é muito importante para as lavagens de roupa.

N/D – Não disponível

Fonte: *Environment Agency*, 2011

QUADRO 2.6 - Interpretação dos resultados da monitorização do sistema

Resultado da Amostra ^{A)} _{B)}	Estado	Interpretação
<V	Verde	Sistema operacional
>V	Âmbar	Recolher nova amostra para confirmar o resultado e analisar o funcionamento do sistema

^{A)} Quando se monitoriza o pH, os resultados consideram-se controlados (verdes) quando os níveis estão na série apresentada no QUADRO 2.5, se os valores estiverem fora dessa série, os sistemas tornam-se âmbar e então é necessário recolher nova amostra. Quando existem cor ou sólidos suspensos em quantidades consideradas questionáveis, é necessário analisar o sistema para resolver o problema.

^{B)} V = Valor da diretiva BS 8525 (ver QUADRO 2.5).

Fonte: *Environment Agency*, 2011

- *Water Supply (Water Fittings) Regulations 1999*

Os *Water Supply (Water Fittings) Regulations 1999* (*Water Fittings*, 1999) dirigem o uso eficiente e a proteção da água potável em Inglaterra e no País de Gales. Aplicam-se a todos os sistemas canalizados, acessórios e equipamentos do abastecimento público de água.

Estes regulamentos dizem que tem que existir uma correta prevenção do risco de refluxo para evitar a contaminação do serviço de abastecimento público de água potável. Nos sistemas de águas cinzentas a prevenção de refluxo acontece geralmente sob a forma de um espaço de ar, que previne a água não potável de entrar no abastecimento público.

- *Water Regulations Advisory Scheme (WRAS)*

De modo a serem evitados os cruzamentos entre redes de abastecimento de água potável e de água não potável, é importante seguir as práticas descritas no *Guidance on Making Identification of Pipework for Reclaimed (Greywater) Systems*, produzido pelo *Water Regulations Advisory Scheme* (WRAS, 1999).

O WRAS disponibiliza guias independentes e conselhos sobre os regulamentos e publica vários guias gratuitos sobre o tema.

O guia *Information and Guidance Note No 9-02-05* do WRAS (WRAS, 2011) declara a importância de todas as tubagens que abasteçam a água cinzenta terem de ser facilmente identificáveis. As tubagens devem ser reconhecíveis e distintas das tubagens de abastecimento de água potável, para além de estarem marcadas e etiquetadas (Figura 2.25).



Figura 2.25 - Placa típica de sinalização de água cinzenta, sugerida pelo WRAS

Fonte: WRAS, 2011

Para além da placa principal, é recomendado que seja anexada à válvula de fecho e nos pontos-chave uma outra placa a avisar os utilizadores de que um sistema de aproveitamento de águas cinzentas foi instalado (Figura 2.26).



Figura 2.26 - Exemplos de placas a colocar nas válvulas de fecho e noutros pontos-chave

Fonte: WRAS, 2011

2.6.4.2 Espanha

Em Espanha, surgiram algumas normas regionais (Arribas Torras, 2011). Tais como:

- Na Catalunha, surgiu o *Decret Ecoeficiencia* 21/2006 e portarias municipais. Uma destas portarias impunha a instalação de sistemas de reaproveitamento de águas cinzentas em edifícios multifamiliares e em hotéis, o registo destes sistemas para a inspeção posterior e o controlo da qualidade da água;
- Na Galiza surgiu o, Decreto Habitat de abril de 2009 que impunha a recuperação de águas cinzentas em todas as edificações, no entanto este Decreto foi revogado.

A nível nacional surgiu o Real Decreto RD 1620/2007 de 8 de dezembro (2007) que tem como objetivo estabelecer o regime jurídico para a reutilização de águas cinzentas tratadas para usos urbanos como a rega de jardins privados e a descarga de autoclismos. Os critérios de qualidade para a reutilização de águas cinzentas tratadas são os apresentados no QUADRO 2.7.

QUADRO 2.7 - Valores de monitorização geral do sistema de reutilização de águas cinzentas presentes no RD 1620/2007

Parâmetro	VMA ^{A)}
Nematoides Intestinais	1 ovo/ 10 l
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC ^{B)} / 100 ml
<i>Legionella spp.</i> ^{D)}	100 UFC/ 100 ml
Sólidos em suspensão	10 mg/ l
Turvação	2 UNT ^{C)}

A) VMA – Valor Máximo Admissível

B) UFC – Unidades Formadoras de Colónias

C) UNT – Unidades Nefelométricas de Turvação

D) Quando existir risco de formação de aerossóis (pulverizadores, aspersores, nebulizadores, etc.)

Fonte: *Real Decreto* RD 1620/2007, 2007

2.6.4.3 Alemanha

Na Alemanha não existem regulamentos legais para a qualidade da água cinzenta, assim, o *Fachvereinigung Betriebs - und Regenwassernutzung e. V.* (fbr) elaborou a ficha de informação H 201 onde estão descritos os principais requisitos para a reutilização de água cinzenta (fbr, 2005).

A água cinzenta depois de tratada deve ser higiénica e microbiologicamente segura, incolor e praticamente livre de matéria em suspensão. Mesmo após alguns dias de armazenamento, não devem emanar odores da água cinzenta armazenada.

Como não existem regulamentos legais, o fbr recomenda a exigência de garantias escritas, emitidas pelos fornecedores dos sistemas relativamente aos requisitos de qualidade para a reutilização de águas cinzentas, de acordo com o uso específico.

Na ficha informativa, são apresentados vários valores de qualidade para águas cinzentas tratadas que foram testados e provados, adequando-se estes valores a descargas de autoclismos, lavandaria, irrigação, etc.

Em relação às descargas sanitárias e à lavagem de roupa, o fbr baseou-se nos requisitos de qualidade desenvolvidos pelo *Berlin Senate Office* e pelas Diretivas de Águas Balneares da União Europeia (76/160/CEE).

Nas habitações unifamiliares, o utilizador pode usar livremente águas cinzentas para lavagem de roupa. Num apartamento, a água cinzenta pode ser utilizada para lavagem de roupas se, alternativamente for disponibilizada uma ligação de água potável para a máquina de lavar (*German Drinking Water Ordinance*, 2001).

Os valores são apresentados no QUADRO 2.8.

QUADRO 2.8 - Requisitos de qualidade para descargas sanitárias e lavagem de roupa

Parâmetro	Valor
CBO	<5mg/l
Saturação de oxigénio	>50%
Coliformes totais ^{A)}	<100/ml
Coliformes fecais ^{A)}	<10/ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ^{B)}	<1/ml

A) De acordo com a *EU Guideline* 76/160/CEE.

B) De acordo com a *German Drinking Water Ordinance* (*German Drinking Water Ordinance*, 2001).

Fonte: fbr, 2005

Os requisitos da água para irrigação são regulados pela DIN 19560, e referem-se aos aspetos de higiene e microbiológicos para a água para irrigação, agricultura, jardinagem, entre outros (fbr, 2005). Os valores são apresentados no QUADRO 2.9.

QUADRO 2.9 - Requisitos de qualidade para água cinzenta para irrigação dependendo do seu uso, de acordo com a DIN 19560

Aplicação	<i>Faecal streptococci</i> (número de colónias/100ml)	<i>E. coli</i> (número de colónias/100ml)	<i>Salmonellae</i> (número/1000ml)	Parasitas presentes nos humanos e em animais domésticos (em 1000ml)
Culturas a céu aberto e em estufas para consumo cru, campos desportivos escolares, parques públicos	≤100	≤200	Não detetável	Não detetável
Culturas em estufas sem intenção de consumo, outros campos desportivos ^{A)}	≤400	≤2000	Não detetável	Não detetável

^{A)} No caso de irrigação com aspersores, têm que ser asseguradas medidas de proteção para os empregados e para o público em geral.

Fonte: *fbr*, 2005

2.6.4.4 Brasil

No Brasil a ANA (2005) elaborou uma publicação com orientações para a implementação de programas de conservação de água em edifícios novos ou existentes, onde estão reunidas as principais informações e orientações presentes no mercado.

Nesta publicação, aconselha-se que, no caso de reutilização de águas cinzentas, o sistema hidráulico seja independente e identificado, com as torneiras de água não potável com acesso restrito, devendo também ser previstos reservatórios específicos e a participação de um profissional especialista na avaliação do uso de fontes alternativas de água.

Como a normalização brasileira ainda não contempla todos os requisitos necessários para implementação de sistemas alternativos de aproveitamento de água, a publicação apresenta os conceitos e exigências que devem ser melhorados e adaptados a várias situações.

As exigências mínimas de qualidade da água cinzenta para as diferentes atividades contemplam:

- Não deve apresentar odor;
- Não deve ser abrasiva;
- Não deve manchar superfícies;
- Não deve conter componentes que agriam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
- Não deve propiciar infeções ou a contaminação por vírus prejudiciais à saúde humana;
- Não deve deteriorar os metais sanitários;
- Não deve ser turva nem apresentar partículas em suspensão.

Assim, de acordo com as exigências mínimas listadas acima, definiram-se classes de água para reutilização.

- Água de Reutilização Classe 1

Os principais usos para as águas de classe 1 são as descargas de autoclismos, lavagem de pisos, fins ornamentais e lavagem de roupas e veículos. Todos os usos descritos implicam a ausência de contacto direto com o público. Os parâmetros de qualidade encontram-se detalhados no QUADRO 2.10.

QUADRO 2.10 - Parâmetros característicos para a água de reutilização de classe 1

Parâmetro	Concentrações
Coliformes fecais ^{A)}	Não detetáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (UH) ^{B)}	≤ 10 UH
Turvação (UT) ^{C)}	≤ 2 UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
CBO (mg/L) ^{D)}	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis ^{E)}	Ausentes
Nitrato (mg/L)	≤ 10 mg/L
Nitrogénio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitritos (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total (mg/L) ^{F)}	≤ 0,1 mg/L
Sólidos suspensos totais (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) (mg/L) ^{G)}	≤ 500 mg/L

A) Este parâmetro é prioritário para os usos considerados.

B) Unidades Hazen.

C) Unidades de turvação.

D) O controlo da carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e odores desagradáveis, em função do processo de decomposição.

E) O controlo deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente nas aplicações exteriores nos dias quentes.

F) O controlo de formas de nitrogénio e fósforo visa evitar a multiplicação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubagens, peças sanitárias, reservatórios, entre outros.

G) Valor recomendado para a lavagem de roupas e veículos.

Fonte: ANA, 2005

○ Água de Reutilização Classe 2

Os principais usos para as águas de classe 2 são as lavagens de agregados, a preparação de betão, a compactação de solo e o controlo de poeira.

○ Água de Reutilização Classe 3

Os principais usos para as águas de classe 1 são a irrigação de zonas verdes e a rega de jardins. O principal cuidado de qualidade das águas de classe 3 é a concentração de contaminantes biológicos e químicos. No QUADRO 2.11 estão apresentados os valores de parâmetros básicos para a água de classe 3.

QUADRO 2.11 - Parâmetros básicos para água de reutilização Classe 3

Parâmetro			Concentrações
Salinidade			450 <SDT (mg/L) <1500
Toxicidade por iões específicos	Para irrigação superficial	Sódio (SAR)	Entre 3 e 9
		Cloretos (mg/L)	<350 mg/L
		Cloro residual (mg/L)	Máximo de 1 mg/L
	Para irrigação com aspersores	Sódio (SAR)	≥ 3,0
		Cloretos (mg/L)	<100 mg/L
Cloro Residual (mg/L)		<1,0 mg/L	
Boro (mg/L)	Regas de jardins e similares		3,0 mg/L
Nitrogénio total (mg/L)			5 a 30 mg/L
CBO (mg/L)			<20 mg/L
Sólidos suspensos totais (SST) (mg/L)			<20 mg/L
Turvação (UT) ^{A)}			<5 UT
Cor aparente (UH) ^{B)}			<30 UH
Coliformes fecais (unidades/mL)			≤200/ 100 mL
pH			Entre 6,0 e 9,0

A) Unidades de turvação.

B) Unidades Hazen.

Fonte: ANA, 2005

2.6.4.5 Estados Unidos da América

Califórnia

Até ao ano de 1992 a reutilização de água cinzenta era ilegal no estado da Califórnia. Esta era considerada água residual e era obrigatório que fosse rejeitada através de um sistema de esgoto ou séptico devidamente aprovado. Após vários períodos de seca prolongada e pela necessidade de utilizar a água cinzenta para irrigação de jardins, o *California Department of Water Resources* (CDWR) elaborou diretivas para a utilização e instalação de sistema de reutilização de águas cinzentas (CDWR, 2012a).

Os padrões do CDWR definem águas cinzentas como a água residual não tratada de uma habitação unifamiliar proveniente de todas as fontes, exceto sanitas e urinóis, lava-louças e máquinas de lavar louça (Gelt, 1993).

A Lei AB 1403/2007: *Recycled Water – Toilet and Urinal Flushing: Condominiums* é a mais recente relativamente à reciclagem de águas cinzentas. Normalmente as leis existentes autorizam uma agência pública a obrigar o uso de água reciclada para descargas de autoclismos em sanitas e urinóis, em estruturas, se certos requisitos forem cumpridos. Esta lei inclui em “estruturas” os projetos de condomínios para os efeitos destas disposições (CDWR, 2012b).

No *California Plumbing Code* de 2010, estão descritas todas as obrigações e definições a ter em conta quando se pretende instalar um sistema de reutilização de águas cinzentas, incluindo os materiais das tubagens, as cores e as informações a colocar e como fazer a inspeção.

Arizona

No Arizona, a entidade que regula os sistemas domésticos de águas cinzentas é o *Arizona Department of Environmental Quality* (DEQ) e, em alguns casos, condados específicos estão também envolvidos. As regras permitem que as habitações multifamiliares e unifamiliares utilizem águas cinzentas para irrigação de superfícies em certas condições. Estas condições incluem aprovação pelo DEQ do dimensionamento e da construção do sistema. Todos os sistemas devem incluir um tanque de sedimentação do material mais pesado presente na água cinzenta, um sistema de filtração e, se o uso final da água cinzenta for numa superfície, é necessário um meio para desinfecção da mesma (Gelt, 1993).

O DEQ delegou para os departamentos de saúde dos condados a avaliação da parte técnica dos sistemas de águas cinzentas.

A água cinzenta que será utilizada para irrigação de superfícies deve ter certos padrões de qualidade em relação aos limites de coliformes fecais e de cloro residual, sendo também necessário que se proceda a uma recolha de amostras com uma certa periodicidade.

No estado do Arizona, existe uma distinção entre a irrigação superficial e a irrigação sub superficial. As regulamentações acima descritas referem-se à irrigação superficial e são mais severas do que as regras para irrigação sub superficial. Os regulamentos definem superfície até 60,76 cm (2 pés) abaixo da zona superficial do solo, apesar de normalmente se considerarem 40 cm apenas.

A aplicação destes padrões desencoraja muitas pessoas, pelo menos aquelas que iriam utilizar a fonte mais comum de águas cinzentas, a água proveniente da máquina de lavar roupa pois a água não pode ser diretamente descarregada na superfície, tendo que drenar primeiro num tanque de sedimentação e, posteriormente, tendo que ser filtrada e desinfetada. O nível de coliformes fecais deve ser verificado diariamente por um laboratório certificado pelo estado, o que poderá custar cerca de 100 USD.

Todas estas obrigações originam a desistência ou o uso de águas cinzentas ilegalmente.

2.6.4.6 Austrália

Em 2006, os fundos *Climate Change Fund*, permitiram que fosse elaborada uma investigação sobre os benefícios da reutilização de água cinzenta com vista à redução do uso de água no exterior das habitações, pelo *Waterwise Systems (New South Wales Government, 2012)*. Nasceu o projeto *Greywater Gardens*, que localizou habitações com grandes consumos de água na zona de Sydney, e instalou sistemas de reutilização de águas cinzentas nas habitações participantes. Como incentivo, os 70 participantes receberam uma bonificação do governo e um conjunto de produtos de limpeza de jardim amigos do ambiente. Os principais objetivos eram poupar até 19 milhões de litros de água por ano e reduzir o consumo exterior de água nos agregados que participaram em 80% a 100%.

Os resultados mostraram uma média de 2.850 litros de água poupados por semana e a maioria dos participantes confirmaram que o abastecimento com água cinzenta era suficiente para não ser necessária a utilização de água do abastecimento público.

2.6.4.7 Portugal

- Decreto-Regulamentar n.º 23/95

O Decreto-Regulamentar n.º 23/95 (1995), que já foi referido no subcapítulo 2.6.7.1, aprovou o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPPDADAR), onde são definidas algumas regras sobre a utilização de sistemas alternativos ao abastecimento de água potável para uso doméstico.

Artigo 11.º - Reutilização (Decreto-Lei n.º 152/97, 1997)

As águas residuais tratadas, bem como as lamas, devem ser reutilizadas, sempre que possível ou adequado.

Artigo 82.º - Separação de sistemas

Os sistemas prediais alimentados pela rede pública devem ser independentes de qualquer sistema de distribuição de água com outra origem, nomeadamente poços ou furos privados.

Artigo 84.º - Identificação das canalizações

As canalizações instaladas à vista ou visitáveis devem ser identificadas consoante a natureza da água transportada e de acordo com o sistema de normalização vigente.

Artigo 85.º - Prevenção da contaminação

1 – Não é permitida a ligação entre a rede predial de distribuição de água e as redes prediais de drenagem de águas residuais.

2 – O fornecimento de água potável aos aparelhos sanitários deve ser efetuado sem pôr em risco a sua potabilidade, impedindo a sua contaminação, quer por contato, quer por aspiração da água residual em caso de depressão.

Artigo 86.º - Utilização de água não potável

1 – A entidade gestora do serviço de distribuição pode autorizar a utilização de água não potável exclusivamente para lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, desde que salvaguardadas as condições de defesa da saúde pública.

2 – As redes de água não potável e respetivos dispositivos de utilização devem ser sinalizados.

- Decreto-Lei n.º 236/98

Este Decreto-Lei, também já referido no subcapítulo 2.6.7.1, preconiza, no Anexo XV, que para a qualidade das águas balneares o valor máximo recomendado (VMR) de coliformes fecais é de 100 ufc/100 mL e o valor máximo admissível (VMA) é de 2000 ufc/100 mL. E institui valores de pH, entre 6 e 9 na escala de Sorensen (DL 236/98, 1998).

Em relação à qualidade das águas destinadas a rega, o Decreto-Lei 236/98, institui como valor máximo recomendado (VMR) de coliformes fecais 100 ufc/100 mL. Para o pH, os valores máximos recomendados variam entre 6,5 e 8,4 e os valores máximos admissíveis (VMA) variam entre 4,5 e 9,0 na escala de Sorensen.

- Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA)

O PNUEA, já referido no subcapítulo 2.6.7.1, sugere várias medidas de acordo com o uso (doméstico, industrial e agrícola). Para o uso doméstico de águas cinzentas, a medida mais relevante é a Medida 08 – Reutilização ou Uso de Água de Qualidade Inferior (PNUEA, 2001 e Rossa, 2006).

A medida 08 consiste no uso de água não proveniente da rede de abastecimento público, tendo como principais origens a reutilização de águas cinzentas e o aproveitamento de água pluvial.

Em termos de viabilidade, a aceitação social pode não ser muito positiva devido à natural resistência da população em geral em ter contacto com águas residuais. Um estudo efetuado no Reino Unido demonstrou existir uma boa perspetiva para a aceitação pelo público, principalmente pelos utilizadores com tarifas em função do consumo, sendo que uma parte manifestou a preferência para reutilizar a sua própria água residual (PNUEA, 2001).

Para a implementação desta medida, o autor sugere a sensibilização, informação e adequação, dirigidas aos responsáveis pela instalação. Sugere-se também que se elabore documentação e se dê formação e apoio técnico, através de um manual técnico especializado para a utilização de água com qualidade inferior. Por fim, o PNUEA aconselha a implementação de projetos que demonstrem estes tipos de sistemas.

- Norma Portuguesa NP 4434:2005

A Norma Portuguesa NP 4434 sobre Reutilização de Águas Residuais Urbanas Tratadas na Rega surge para que o desenvolvimento da prática da reutilização de águas residuais para rega se faça de forma sustentada, evitando aplicações incorretas que possam comprometer ou desencorajar estas soluções que trazem muitos benefícios ambientais, agrícolas e socioeconómicos (Monte, 2007).

Na NP 4434 estão estabelecidos os requisitos de qualidade das águas residuais urbanas a utilizar para rega, os critérios para selecionar processos e equipamentos e os procedimentos de execução das regas, de proteção ambiental e de monitorização ambiental.

Em termos de qualidade microbiológica, a NP 4434 afastou-se do disposto no Anexo XVI do Decreto-Lei n.º 236/98, que estabelece que o VMR para os coliformes fecais seja de 100/100 mL, recomendando valores consoante o tipo de cultura e o método de rega (Monte e Albuquerque, 2010).

Para além de se respeitar o nível de qualidade requerido às águas residuais tratadas e pelos limites obrigatórios ao tipo de cultura, rega, equipamento e características do local, devem ser adotados procedimentos que diminuam os seguintes riscos (NP 4434, 2005 referida por Taneco, 2008):

- Contaminação das águas superficiais ou subterrâneas com águas residuais tratadas escoadas superficialmente ou infiltradas no solo;
- Contato de pessoas ou animais com plantas e solos regados por este tipo de águas;
- Arrastamento pelo vento, de gotas de água residual tratada e subsequente deposição destas em plantas, solos ou massas de água localizadas fora da zona a regar;
- Inalação por pessoas e animais de aerossóis produzidos pelos equipamentos de rega.

- Especificação Técnica 0905 e Especificação Técnica 0906 da ANQIP

A Especificação Técnica ANQIP 0905 (ETA 0905) estabelece os critérios técnicos para a elaboração de Sistemas Prediais de Reciclagem ou Reutilização de Águas Residuais Cinzentas (SPRAC) (ANQIP, 2011a).

Nesta ETA é feita a distinção entre as diferentes águas residuais e é definido o termo SPRAC. É também feito um enquadramento legal e normativo, chamando a atenção para que o dimensionamento de um SPRAC deve ser elaborado tendo em conta as disposições do Regulamento Geral Português que se entra em vigor ou as Normas Europeias EN 12056-2 e EN 806-3.

A reutilização de águas cinzentas é admitida para lavagem de roupas, descargas de autoclismos e para rega de jardins, após tratamento adequado, sendo também considerada a infiltração no solo ou a descarga nas linhas de água, para os excedentes do tratamento.

De acordo com a ETA 0905, os requisitos de qualidade para descargas de autoclismos, são os descritos no QUADRO 2.12.

QUADRO 2.12 - Requisitos de qualidade para descargas de autoclismos

Parâmetro	VMA ^{A)}	VMR ^{B)}
Coliformes Totais	-	10 ⁴ UFC ^{C)} / 100 ml
Estreptococos fecais (<i>Enterococci</i>)	400 UFC/ 100 ml	-
Coliformes fecais (<i>E. coli</i>)	10 ³ UFC/ 100 ml	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1 UFC/ ml	-
Parasitas entéricos	1 ovo/ 10 l	-
Sólidos em suspensão	10 mg/ l	-
Turvação	2 UNT ^{D)}	-

A) VMA – Valor Máximo Admissível

B) VMR – Valor Máximo Recomendado

C) UFC – Unidades Formadoras de Colónias

D) UNT – Unidades Nefelométricas de Turvação

Fonte: ANQIP, 2011a

No caso de rega de plantas em jardins privados, a ETA 0905 propõe o cumprimento dos requisitos apresentados no QUADRO 2.13.

QUADRO 2.13 - Requisitos de qualidade para rega de jardins privados

Parâmetro	VMA ^{A)}	VMR ^{B)}
Coliformes Totais	-	10 ⁴ UFC ^{C)} / 100 ml
Estreptococos fecais (<i>Enterococci</i>)	100 UFC/ 100 ml	-
Coliformes fecais (<i>E. coli</i>)	200 UFC/ 100 ml	0
<i>Legionella spp.</i>^{E)}	100 UFC/ 100 ml	-
Parasitas entéricos	1 ovo/ 10 l	Não detetável
<i>Salmonellae</i>	Não detetável	-
Sólidos em suspensão	10 mg/ l	-
Turvação	2 UNT ^{D)}	-

A) VMA – Valor Máximo Admissível

B) VMR – Valor Máximo Recomendado

C) UFC – Unidades Formadoras de Colónias

D) UNT – Unidades Nefelométricas de Turvação

E) Quando existir risco de formação de aerossóis (pulverizadores, aspersores, nebulizadores, etc.)

Fonte: ANQIP, 2011a

Em relação à rega de produtos que possam ser consumidos crus, os valores máximos admissíveis (VMA) devem ser os indicados na Norma Portuguesa NP 4434, sendo desaconselhável a utilização de águas com origem nas cozinhas.

À semelhança dos restantes exemplos estudados, a Especificação Técnica 0905 também aconselha a diferenciação das redes de água regenerada das redes de água potável, com cores distintas e a colocação de avisos de “Rede Não Potável”, “Água Não Potável”, “Água Regenerada”, ou equivalente.

Em Portugal, é recomendada a certificação pela ANQIP das instalações de SPRAC, pelas razões de garantia de qualidade técnica e de saúde pública. Esta certificação implica a apreciação prévia do projeto, a realização de vistorias à obra e a certificação dos instaladores pela ANQIP (Silva-Afonso, 2011b).

A Especificação Técnica ANQIP 0906 (ETA 0906), elaborada pelo secretariado técnico, tem como principal objetivo estabelecer as condições para a Certificação de Sistemas Prediais de Reutilização ou Reciclagem de Águas Cinzentas (SPRAC), elaborados de acordo com a ETA 0905 (ANQIP, 2011b). Nesta ETA estão prescritos os procedimentos para a certificação, a certificação do projeto, a intervenção de instaladores certificados, a certificação das instalações e os custos do processo.

Atualmente, a ETA 0906 está em execução, tendo sofrido uma significativa evolução desde a sua versão inicial (Silva-Afonso, 2011a). A primeira versão focou-se muito na prática de outros países (especialmente a fbr alemã e a legislação de Espanha).

Após consultas com entidades ligadas ao setor da Saúde, chegou-se a conclusão de que seria melhor seguir um caminho mais ligado aos aspetos de saúde pública. Assim, a ETA 0906, quando concluída, deverá focar-se nos seguintes pontos.

- Maior ênfase aos aspetos de conservação e controlo do funcionamento de sistemas;
- Obrigatoriedade da existência de contratos de conservação, levando à fiscalização analítica periódica;
- Maior responsabilidade do fornecedor ou instalador, a quem será imputada a responsabilidade pelos ensaios iniciais e pelo cumprimento e instalação dos valores limites a satisfazer nos parâmetros de qualidade especificados na ETA.

Em relação à temática dos aspetos de saúde pública, encontra-se em estudo um protocolo com a Administração Regional da Saúde do Centro (ARS Centro), que será estendido ao resto do território português, com o objetivo de tornar obrigatória a certificação dos SPRAC, em princípio pela ANQIP, enquanto não existir legislação ou regulamentação sobre o assunto.

2.6.5 Exemplos e Estudos Sobre a Reutilização de Águas Cinzentas

2.6.5.1 Casos no Mundo

- Alemanha

Na Alemanha, apesar de ainda não existir uma legislação específica sobre o reaproveitamento de águas cinzentas, já existem variados exemplos da sua utilização em diversas áreas. Normalmente, a instalação destes sistemas está em concordância com a Diretiva da EU para Águas Balneares 76/160/CEE.

Serviços municipais de limpeza da cidade de Hamburgo

Os serviços municipalizados da cidade de Hamburgo utilizam águas cinzentas tratadas provenientes de chuveiros e de lavatórios. O sistema de reutilização de águas cinzentas faz-se por um processo biológico-mecânico. A água processada pode ser então reutilizada levando à poupança de cerca de 2,2 milhões de litros de água potável por ano (Hansgrohe AG, 2011). Esta água, sem adição de químicos, é utilizada para descargas de autoclismos, lavagem de ruas e de veículos.

Residência de estudantes em Hannover

Em Hannover existe uma residência de estudantes, com 62 apartamentos e 76 habitantes, que foi desenvolvida tendo em conta a reutilização de águas cinzentas (Figura 2.27). A água cinzenta é proveniente dos lavatórios e dos chuveiros das casas de banho e é utilizada em descargas de autoclismos. Se a quantidade de água cinzenta produzida não for suficiente, o sistema adiciona água potável, de modo a não haver interrupção no abastecimento dos autoclismos.



Figura 2.27 - Sistema de reutilização de águas cinzentas utilizado na residência de estudantes em Hannover, Alemanha

Fonte: Hansgrohe International PRO, 2012

- Reino Unido

Os sistemas de reutilização de águas cinzentas não são tão comuns no Reino Unido como são noutros países. Até há pouco tempo, o único uso de água cinzenta no Reino Unido era de irrigação de culturas nos períodos de seca prolongada (*Environment Agency*, 2011).

Oxley Gate, Milton Keynes

Oxley Gate é um empreendimento amigo do ambiente em Milton Keynes que compreende 150 moradias. Para ajudar a atingir os objetivos de redução das emissões de carbono e níveis mais elevados do *Code for Sustainable Homes*, as habitações foram equipadas com sistemas de gestão das águas cinzentas, que reutilizam as águas provenientes de duchas e banhos para descargas de autoclismos. O sistema utilizado consegue armazenar até 100 litros de água que são suficientes para cerca de 15 descargas de autoclismo (*Building Talk*, 2009 e *Environment Agency*, 2011).

Heybridge, Essex

Em 1997, uma parceria entre a *Essex & Suffolk Water* e o *Building Research Establishment*, resultou num pequeno empreendimento em Heybridge. Três habitações tinham instalados sistemas de reutilização de águas cinzentas, que recolhiam a água das banheiras e dos lavatórios, sendo filtradas, desinfetadas e reutilizadas para descargas de autoclismos (*Environment Agency*, 2011).

Cada sistema tinha um custo inicial de £1286 e cada moradia tinha um número diferente de habitantes, produzindo diferentes resultados (QUADRO 2.14).

QUADRO 2.14 - Consumo dos agregados

Tipo de propriedade	Ocupação	Composição do Agregado	% de tempo que o sistema funcionou	% de água potável poupada
3 quartos e terraço grande	3	1 adulto e 2 adolescentes	63%	53%
3 quartos e terraço pequeno	3	1 adulto e 2 adolescentes	83%	65%
4 quartos e terraço grande	7	2 adultos, 3 adolescentes e 1 menor de 5 anos	39%	24%

Fonte: *Environment Agency*, 2011

Os serviços municipalizados identificaram os fatores que determinaram a quantidade de água poupada por cada propriedade:

- Uma falha inesperada dos componentes do sistema durante a experiência diminuiu a quantidade de água poupada;

- Os hábitos de cada família também influenciam a quantidade de água poupada. Por exemplo, toda a família (sete pessoas) normalmente tomava duche ao sábado à noite, gerando água cinzenta suficiente para descargas de autoclismos até ao final da terça-feira seguinte. A rotina de duchas apenas aos fins-de-semana, combinada com a capacidade das cisternas, não dava para fornecer água cinzenta suficiente para uma semana inteira.

O estudo também efetuou uma análise da qualidade da água. Foram recolhidas amostras das três moradias e observaram-se os seguintes resultados:

- Reservatório de armazenamento – um baixo indicador de organismos fecais sugeriu a ausência de patógenos. Não foi detetada *legionella*;
- Cisterna da casa de banho – mostrou que o processo de tratamento era efetivo, pois havia poucos coliformes, indicando a ausência de quaisquer patógenos.

Notou-se com o tempo que a turvação da água aumentou com o tempo em alguns reservatórios, sugerindo a necessidade de limpeza e desinfecção regulares.

- República Checa

Hotel Mosaic House, Praga

Este edifício da década de 1930 foi renovado recentemente e foi instalado um sistema de reutilização de águas cinzentas e de recuperação de calor. As águas dos duchos dos 236 hóspedes, que podem chegar aos 9 m³/dia, são recicladas para as descargas sanitárias de todo o edifício (Hansgrohe AG, 2011).

O sistema de recuperação de calor recolhe o calor das águas residuais para aquecer a água dos duchos, permitindo uma poupança de energia de 20% enquanto reduz as emissões de CO₂.

- Brasil

Os resultados de dois estudos distintos foram comparados pela Agência Nacional de Águas (2005), para caracterização das águas cinzentas de chuveiros e lavatórios de um edifício residencial e de um complexo desportivo, ambos localizados na Região Sul do Brasil. Os estudos foram elaborados por Santos e Zabracki em 2003 e por Fonini, Fernandes e Pizzo em 2004 (QUADRO 2.15).

QUADRO 2.15 – Características físicas, químicas e bacteriológicas das águas cinzentas originadas em casas de banho no Brasil

Parâmetros	Concentrações		
	Edifício residencial	Balneário masculino	Balneário feminino
Turvação (UT)	37,35	0,8	1,3
pH	7,2	8,4	8,8
Oxigénio Dissolvido (mg/L)	4,63	-	-
CBO (mg/L) ^{A)}	96,54	20,3	96
Oxigénio dissolvido (mg/L)	4,63	-	-
Sólidos suspensos (mg/L)	-	54	86
Fósforo total (mg/L)	6,24	-	-
Dureza	-	122	130
Coliformes totais (MPN/100 ml) ^{B)}	11x10 ⁶	<200	23000
Coliformes fecais (MPN/100 ml) ^{B)}	1x10 ⁶	-	-

^{A)} CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

^{B)} MPN – *Most Probable Number* (número mais provável)

Fonte: ANA, 2005

Os parâmetros presentes no QUADRO 2.15 basearam-se na Portaria MS 518/2004 (norma de qualidade de água para consumo humano) e na CONAMA 357/2005 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), pois não existem diretrizes nem padrões para a reutilização de águas cinzentas no Brasil, o que demonstra a necessidade de estudos relacionados com o tema.

Pelos resultados obtidos é possível verificar:

- Elevado teor de matéria orgânica, representa pela CBO, o que pode dar origem a odor e sabor;
- Alto teor de fósforo, que indica a presença de detergentes sobre fosfatados (compostos por moléculas orgânicas) e matéria fecal;
- Turvação elevada, que comprova a presença de sólidos em suspensão.

De salientar que as características económicas e socioculturais podem influenciar a composição das águas cinzentas e, recomenda-se a caracterização de amostras de outras regiões do Brasil.

Assim, recomenda-se também que o sistema para tratamento e distribuição da água reciclada seja separado do sistema de abastecimento de água potável, sendo proibida a ligação cruzada entre as redes.

- Estados Unidos da América

Casa del Agua e Desert House, Arizona

A *Casa del Agua* e a *Desert House* são experiências elaboradas para testar e avaliar vários sistemas de poupança de água e estratégias incluindo águas cinzentas nas instalações residenciais (Gelt, 1993).

Ambos os projetos apoiam que poupar água não é só uma boa política pública mas também uma sensata gestão do agregado. Os projetos têm como objetivo demonstrar que o uso de água cinzenta e o armazenamento de água pluvial propiciam que um agregado participa mais ativamente no esforço comunitário de conservação de água.

- Canadá

Estudo efetuado por Sandra Baynes

Em maio de 2002, Sandra Baynes apresentou um estudo numa palestra onde foram mostrados exemplos de aplicação de sistemas de águas cinzentas em habitações e as barreiras encontradas para a instalação dos mesmos (Baynes, 2002).

Inicialmente, a autora considerou sistemas de esgoto de classe 2, que são apenas utilizados para tratamento e remoção da água cinzenta. Estes sistemas não devem ser instalados onde o fluxo diário de água cinzenta exceda os 100 L. A autorização de inspeção do esgoto deve estar concluída antes da construção do sistema.

Em média, cada pessoa gasta 326 L/dia de água potável no Canadá, sendo a distribuição dos usos a seguinte.

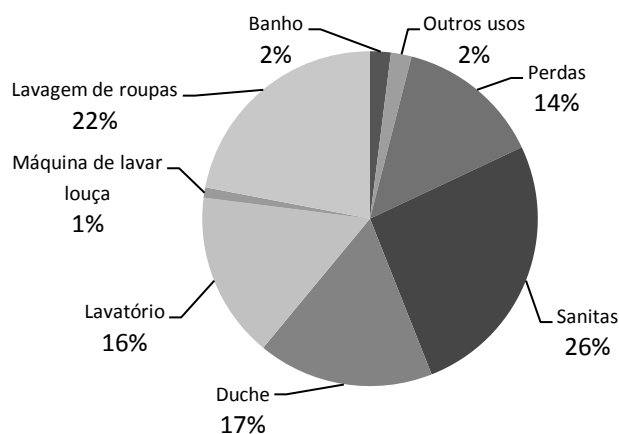


Figura 2.28 - Distribuição dos usos domésticos interiores no Canadá

Fonte: Baynes, 2002

Como se pode verificar pela Figura 2.28, se houver reaproveitamento de águas cinzentas para as descargas sanitárias, a poupança será de 26% no consumo de água potável e existe um potencial de recolha de água cinzenta de 30% a 70%.

Um dos edifícios abordados neste estudo foi o empreendimento de edifícios de apartamentos *Conservation Co-Op* em Ottawa, Ontário. Este empreendimento constituído por 84 apartamentos situa-se na baixa da cidade e a sua construção baseou-se numa filosofia ambiental. Foram instaladas oito unidades de dupla canalização com sistemas de reaproveitamento de águas cinzentas provenientes de lavatórios, duchas e banheiras. Os sistemas inicialmente instalados passaram por falhas técnicas e como a instalação de novos sistemas era muito onerosa, estes foram todos removidos em fevereiro de 2002.

Um exemplo que correu melhor foi a *Quayside Village CoHousing* em Vancouver. Esta cooperativa com 19 unidades multifamiliares possui dupla canalização e sistemas de reaproveitamento de águas cinzentas com bio filtros. A água cinzenta recolhida é utilizada nas descargas sanitárias. O reservatório de armazenamento da água tratada é feito de polietileno e tem capacidade para 1.500 litros de água e a bomba nele contida é capaz de bombear 180 L/min de água.

Sandra Baynes encontrou barreiras à utilização de águas cinzenta de ordem socioeconómica, governamentais, financeiras, socioculturais, em termos de saúde e de manutenção.

Finalmente, Baynes recomenda uma maior demonstração de projetos com resultados positivos, o desenvolvimento de diretivas e protocolos específicos, a recompensação a quem instale um sistema de reaproveitamento de águas cinzentas, a redução dos custos dos sistemas para encorajar a instalação dos mesmos e o aumento da educação da população.

- Austrália

A reutilização de água cinzenta tem aumentado em vários países que apresentam escassez de água, sendo a Austrália um exemplo. A prática é muito comum neste país, existindo mesmo normas institucionalizadas relativas ao reaproveitamento de águas cinzentas (e águas pluviais) (Rossa, 2006).

Como já foi dito anteriormente, em locais da Austrália, as habitações podem ser totalmente abastecidas com águas pluviais e cinzentas. Em Camberra, a produção média diária por pessoa de água cinzenta pode atingir os 300 L/pessoa/dia.

Estudos efetuados em Sydney indicam que a reutilização de águas cinzentas pode atingir os 61% do total de água consumida (QUADRO 2.16) (*Enviro-Friendly*, 2006).

QUADRO 2.16 - Proveniência da água cinzenta em Sydney

Água residual	Água residual total		Água cinzenta reutilizável	
Proveniência	% Total	Litros/dia	% Total	Litros/dia
Sanita	32	186	-	-
Lavatório	5	28	8	28
Banheira/ Chuveiro	33	193	54	193
Cozinha	7	44	-	-
Lavandaria	23	135	38	135
Total	100	586	100	356

Fonte: *Enviro-Friendly*, 2006

Um inquérito efetuado em Melbourne concluiu que a aceitação por parte da população à instalação de um sistema de reaproveitamento de águas cinzenta é mais elevada se o retorno do investimento inicial for total num prazo de 2 a 4 anos, após o início do funcionamento.

Outros estudos efetuados na Austrália permitiram obter a composição mais comum de uma água residual de acordo com a sua proveniência, em relação à concentração de coliformes fecais presentes na água cinzenta (*Draft Greywater Reuse Guidelines Australia*, 2002).

Os coliformes termotolerantes, também conhecidos como coliformes fecais, são microrganismos que se desenvolvem nos intestinos de animais de sangue quente e podem ser encontrados aos milhões ou milhares de milhões por grama de fezes. Normalmente encontram-se na ordem dos 10^6 ufc/100ml até aos 10^8 ufc/100ml num esgoto comum e na ordem dos 10^6 ufc/100ml até 10^{10} ufc/100ml num efluente de fossa séptica (QUADRO 2.17).

QUADRO 2.17 - Concentração de coliformes fecais na água cinzenta em três casos distintos

Fonte	Coliformes fecais ufc/100ml ^{D)}		
	Brandes (1978)	Rose (1991)	Kapisak (1992)
Banheira/ Chuveiro	<10 a 2×10^8	6×10^3	6×10^3
Lavandaria	-	126	-
Cozinha	<10 a 4×10^6	-	2×10^9
Água Cinzenta	$8,8 \times 10^5$ ^{A)}	6 a 80 ^{B)}	$1,73 \times 10^5$
	13×10^6 ^{A)}	$1,5 \times 10^3$ ^{C)}	

A) Valores apenas relativos a cozinhas e casas de banho

B) Valores relativos a família sem crianças

C) Valores relativos a família com crianças

D) ufc – Unidades formadoras de colónias

Fonte: *Draft Greywater Reuse Guidelines Australia*, 2002

Os valores de qualidade física e química da água cinzenta vêm expressos no QUADRO 2.18.

QUADRO 2.18 - Composição da água cinzenta

Parâmetro	Unidade	Intervalo	Média	Esgoto bruto
Sólidos suspensos	mg/l	45 – 330	115	100 – 500
Turvação	NTU	22 – 200	100	Não aplicável
CBO	mg/l	90 – 290	160	100 – 500
Nitritos	mg/l	0,1 – 0,8	0,3	1 – 1
Amoníaco	mg/l	1,0 – 25,4	5,3	10 – 30
Azoto	mg/l	2,1 – 31,5	12	20 – 80
Fósforo	mg/l	0,6 – 27,3	8	5 – 30
Sulfatos – SO ₄	mg/l	7,9 – 110	35	25 – 100
pH		6,6 – 8,7	7,5	6,5 – 8,5
Condutividade	mS/cm	325 – 1140	600	300 – 800
Dureza – Mg + Ca	mg/l	15 – 55	45	200 – 700
Sódio – Na	mg/l	29 – 230	70	70 – 300

Fonte: *Draft Greywater Reuse Guidelines Australia*, 2002

Para o reaproveitamento da água cinzenta, os autores sugerem que se evite o contacto direto com as pessoas, sendo esta armazenada em reservatórios enterrados. O contacto com a rede de água potável também deve ser evitado e deve ser proibida a irrigação superficial de algumas espécies vegetais, principalmente as comestíveis.

Por fim, concluiu-se que a diferença entre a composição da água cinzenta tem como fatores a proveniência da água, os seus usos, os hábitos dos consumidores, os produtos utilizados, entre outros.

Estudo efetuado no condomínio Sharland Oasis em Victoria

O estudo “*Quantification of potable water savings by residential water conservation and reuse – A case study*”, foi apresentado por Shobha Muthukumaran, Kanagaratnam Baskaran e Nicole Sexton em 2011 e tem como objetivo demonstrar os benefícios da conservação da água ao nível dos agregados familiares em Victoria. O estudo demonstrou que o uso combinado de fontes alternativas de água e de equipamentos eficientes pode reduzir até 77% os consumos de água potável ao nível doméstico (Muthukumaran *et al.*, 2011).

Foram consideradas as habitações unifamiliares de *Sharland Oasis*, em Sharland Park Estate, que foram dimensionadas e construídas de modo a serem eficientes hídrica e energeticamente. O sistema de água cinzenta é composto por filtração biológica e recolhe água da máquina de lavar roupa, da banheira e dos chuveiros, sendo esta água utilizada para a irrigação dos jardins. Todo o sistema está posicionado no exterior da habitação num local de fácil acesso para manutenção e monitorização.

Foram recolhidas amostras dos reservatórios de água cinzenta tratadas durante quatro meses, os resultados são semelhantes aos resultados demonstrados até à data e comprovam a potencialidade da utilização do efluente para uma larga escala de usos. A água cinzenta tratada apresentou nitrogénio e fósforo, que são nutrientes utilizados para o crescimento de plantas e, logo, têm o potencial de reduzir a necessidade da utilização de fertilizantes. Os resultados demonstraram também a ausência de *E. coli* nos reservatórios e a presença de coliformes totais em valores reduzidos. Isto mostra que o sistema de tratamento está operacional.

Os entrevistados que tinham sistemas de reaproveitamento de águas cinzentas usavam a água para rega superficial de jardins. A maioria das pessoas estava satisfeita com os sistemas e não mostraram problemas em reutilizar a água cinzenta. As pessoas que não estavam satisfeitas mencionaram problemas com entupimentos das tubagens, provavelmente devido a cabelos ou pelos presentes na água. A comunidade revelou uma boa aceitação ao uso de águas cinzentas para descargas de autoclismos e para rega, a aceitação diminuiu para usos que incluem contacto pessoal.

Apartamentos Discovery Point e parques de Cooks River

Neste projeto vai ser instalada, pela primeira vez na Austrália, uma planta com um bioreator de membrana (MBR) para fazer o tratamento e a reutilização da água cinzenta proveniente dos arranha-céus de *Discovery Point*. A planta vai produzir água reciclada de elevada qualidade para ser utilizada em descargas de autoclismos, lavandarias, lavagem de veículos, arrefecimento de torres e irrigação. A água reciclada irá também ser encaminhada por tubagens pela ponte de Cooks River para fornecer uma fonte contínua e sustentável de água não potável para irrigação dos cinco parques e do campo de golfe. Este projeto irá poupar 98 milhões de litros de água potável por ano (*New South Wales Government*, 2012).

O *Climate Change Fund* contribuiu com 2.273.000 AUD para o projeto.

- Jordânia

Estudo efetuado por Odeh R. Al-Jayyousi

O principal objetivo do estudo “*Grey water reuse: towards sustainable water management*”, apresentado em 2003 por Al-Jayyousi é a avaliação do papel da reutilização de água cinzenta na gestão sustentável da água em regiões áridas. Mais ainda, é pretendido documentar a experiência da reutilização de águas cinzentas na Jordânia (Al-Jayyousi, 2003) (QUADRO 2.19).

De acordo com Al-Jayyousi (2003), a mistura de água cinzenta com água pluvial é uma prática viável que pode contribuir para o aumento da qualidade da água cinzenta, pois a água pluvial apresenta geralmente alta qualidade (CQO <200 mg/l).

Por seu lado, a água cinzenta doméstica apresenta normalmente um maior nível de poluentes (até 5000 mg/l de CQO, também afetada pelo tipo de detergente utilizado), mas é produzida com mais regularidade o que é mais simples de explorar para propósitos de reutilização doméstica, resultando em maiores poupanças financeiras para o consumidor e os serviços municipalizados.

Devido ao facto de a água cinzenta ser gerada pelo uso de sabões e seus produtos, a sua qualidade varia de acordo com a fonte, a localização geográfica, demografia e nível de ocupação. A água cinzenta é relativamente baixa em termos de sólidos suspensos e turvação, indicando que uma maior proporção de poluentes se encontra dissolvida. A relação CQO:CBO na água cinzenta pode ser tão elevado como 4:1, um valor muito superior ao valor do esgoto doméstico comum. Existe também uma deficiência de macro nutrientes tais como nitrogénio e fósforo, a relação CQO:NH₃:P da água cinzenta foi medida em 1030:2,7:1, enquanto a relação para a água residual doméstica é de 100:5:1.

Assim, a água cinzenta apresenta valores baixos de matéria orgânica biodegradável, o que limita a eficácia de tratamento biológico.

QUADRO 2.19 - Composição típica da água cinzenta proveniente de várias fontes

Fonte	CBO (mg/l)	CQO (mg/l)	Turvação (UNT)	NH ₃ (mg/l)	P (mg/l)	Coliformes totais (ufc/100ml)
Lavatório	109	236	-	9,6	2,58	-
Combinado	121	371	69	1	0,36	-
Uma pessoa	110	256	14	-	-	-
Uma família	-	-	76,5	0,74	9,3	-
Edifício multifamiliar	33	40	20	10	0,4	1x10 ⁶
Universidade	80	146	59	10	-	-
Universidade grande	96	168	57	0,8	2,4	5,2x10 ⁶

Fonte: Al-Jayyousi, 2003

É também importante avaliar outras componentes na adoção dos sistemas de reutilização de águas cinzentas, tais como a viabilidade técnica, a saúde pública, a aceitação social e a sustentabilidade.

A filtração deve ser projetada consoante a composição da água cinzenta a tratar, dependendo também do espaço disponível, uma vez que os filtros requerem manutenção regular. A desinfecção pode ser efetuada por meio de pastilhas de cloro ou bromo.

Este sistema compreende duas etapas de filtração e desinfecção e poderá ser comprometido por diversos motivos:

- Partículas floculantes com diâmetro superior a 40 µm diminuem a capacidade de desinfecção química, pois não se dissolvem completamente;
- O tempo excessivo de armazenamento da água é prejudicial;
- Os desinfetantes à base de cloro podem ser prejudiciais para a saúde pública, se aplicados em concentrações elevadas.

Al-Jayyousi concluiu que os sistemas de tratamento de águas cinzentas devem variar consoante as necessidades e os hábitos dos consumidores. O tempo de repouso da água cinzenta afeta as suas características, sendo evitável o nível anaeróbico.

2.6.5.2 Casos em Portugal

Hotel Yeatman

Este hotel de cinco estrelas, situado no Porto, tem um sistema de reaproveitamento das águas cinzentas de 102 quartos, sendo estas utilizadas para as descargas sanitárias de todo o hotel. O sistema foi instalado num edifício com aproveitamento também de águas pluviais e águas subterrâneas (Ecoágua, 2011).

Estudo económico da reutilização de águas cinzentas efetuado por Bernardo Soares Taneco

Em 2008, Bernardo Taneco apresentou um estudo económico da reutilização em vários concelhos como Almada, Sintra, Portimão e Mafra. Este estudo estava contido na apresentação “*Reutilização e Dessalinização*” e foi apresentado no Ciclo de Conferências Soluções de Futuro, organizado pela Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (Taneco, 2008).

Hoje em dia, as tarifas de consumos de água estão divididas em escalões com preços crescentes de modo a evitar os consumos excessivos de água. O estudo foi efetuado com recurso a um sistema de reutilização de águas cinzentas em diversas zonas do país para analisar a economia gerada e o retorno económico. Para o presente estudo, consideraram-se consumos de 150 l/pessoa/dia e um coeficiente de afluência de 0,8, para se tentar saber quanta água se poderia poupar.

- o Almada

As tarifas dos SMAS de Almada dividem-se nos seguintes escalões:

- 1º Escalão: menos de 5 m³;
- 2º Escalão: de 5 m³ a 15 m³;
- 3º Escalão: de 15 m³ a 25 m³;
- 4º Escalão: de 25 m³ a 50 m³;
- 5º Escalão: mais de 50 m³.

As tarifas de saneamento e de resíduos possuem tarifa única. Em seguida, analisou-se a poupança económica verificando a viabilidade económica da reutilização de águas cinzentas, teve-se em conta que estas águas representam 45% das águas geradas numa habitação.

QUADRO 2.20 - Análise da poupança de água e ganhos económicos com a reutilização de águas cinzentas em Almada

Nº de habitantes	Poupança m ³ /mês	Poupança m ³ /ano	Ganho €/mês	Ganho €/ano
2	3	39	3,37€	40€
4	6	78	6,74€	81€
6	10	117	11,47€	138€
8	13	156	15,29€	184€
10	16	194	25,60€	307€
20	32	389	76,46€	918€
30	49	583	114,70€	1.376€
40	65	778	152,93€	1.835€
50	81	972	191,16€	2.294€
100	162	1.944	382,32€	4.588€
200	324	3.888	764,64€	9.176€
300	486	5.832	1.146,96€	13.764€
400	648	1.776	1.529,28€	18.351€
500	810	9.720	1.911,60€	22.939€
1000	1620	19.440	3.823,20€	45.878€

Fonte: Taneco, 2008

Pela análise do QUADRO 2.20, pode verificar-se que com a evolução da população servida, os proveitos económicos também aumentam, facto justificado pelo aumento das tarifas dos escalões de maior consumo.

- Sintra

O consumo doméstico encontra-se dividido em 3 escalões:

- 1º Escalão: até 5m³/mês;
- 2º Escalão: de 6 m³ a 15 m³/mês;
- 3º Escalão: mais que 15 m³/mês.

A tarifa de resíduos está dividida por escalões e a tarifa de tratamento de água tem tarifa única.

QUADRO 2.21 - Análise da poupança de água e ganhos económicos com a reutilização de águas cinzentas em Sintra

Nº de habitantes	Poupança m ³ /mês	Poupança m ³ /ano	Ganho €/mês	Ganho €/ano
2	3	39	4,93€	59€
4	6	78	9,87€	118€
6	10	117	21,73€	261€
8	13	156	28,46€	342€
10	16	194	34,93€	419€
20	32	389	73,75€	885€
30	49	583	110,62€	1.327€
40	65	778	147,49€	1.770€
50	81	972	184,36€	2.212€
100	162	1.944	368,73€	4.425€
200	324	3.888	737,46€	8.849€
300	486	5.832	1.106,18€	13.274€
400	648	1.776	1.474,91€	17.699€
500	810	9.720	1.843,64€	22.124€
1000	1620	19.440	3.687,28€	44.247€

Fonte: Taneco, 2008

Quando comparado com o quadro de Almada, verifica-se que a poupança para 2 habitantes é superior, contudo ao aumentarem os habitantes, os valores assemelham-se (QUADRO 2.21)

- Portimão

De acordo com a empresa municipal de água e resíduos de Portimão, o consumo de água, a taxa de saneamento e de resíduos estão divididos em três escalões.

QUADRO 2.22 - Análise da poupança de água e ganhos económicos com a reutilização de águas cinzentas em Portimão

Nº de habitantes	Poupança m ³ /mês	Poupança m ³ /ano	Ganho €/mês	Ganho €/ano
2	3	39	5,70€	68€
4	6	78	11,40€	137€
6	10	117	27,31€	328€
8	13	156	36,42€	437€
10	16	194	45,52€	546€
20	32	389	91,04€	1.093€
30	49	583	136,57€	1.639€
40	65	778	182,09€	2.185€
50	81	972	227,61€	2.731€
100	162	1.944	455,22€	5.463€
200	324	3.888	910,44€	10.925€
300	486	5.832	1.365,66€	16.338€
400	648	1.776	1.820,88€	21.851€
500	810	9.720	2.276,10€	27.313€
1000	1620	19.440	4.552,20€	54.626€

Fonte: Taneco, 2008

Como se pode observar, este é o concelho onde a poupança é mais elevada, quando comparado com os concelhos anteriores (QUADRO 2.22).

- Mafra

Neste município as tarifas de consumo estão divididas em dois escalões: até 10 m³; e mais que 10 m³. Existe também uma tarifa fixa de ambiente, que engloba as taxas de tratamento de resíduos e de saneamento.

QUADRO 2.23 - Análise da poupança de água e ganhos económicos com a reutilização de águas cinzentas em Mafra

Nº de habitantes	Poupança m ³ /mês	Poupança m ³ /ano	Ganho €/mês	Ganho €/ano
2	3	39	4,10€	49€
4	6	78	18,57€	223€
6	10	117	27,86€	334€
8	13	156	37,14€	446€
10	16	194	46,43€	557€
20	32	389	92,86€	1.114€
30	49	583	136,29€	1.671€
40	65	778	185,72€	2.229€
50	81	972	232,15€	2.786€
100	162	1.944	464,30€	5.572€
200	324	3.888	928,60€	11.143€
300	486	5.832	1.392,90€	16.715€
400	648	1.776	1.857,20€	22.286€
500	810	9.720	2.321,50€	27.858€
1000	1620	19.440	4.643,00€	55.716€

Fonte: Taneco, 2008

Neste município, o valor para dois habitantes é intermédio, devido ao escalão, contudo quando o consumo passa os 10 m³ sendo a tarifa mais elevada a poupança é superior (QUADRO 2.23).

- Análise Comparativa

A situação para dois, 50 e 1000 habitantes foi analisada e comparada em termos de poupanças anuais para cada município.

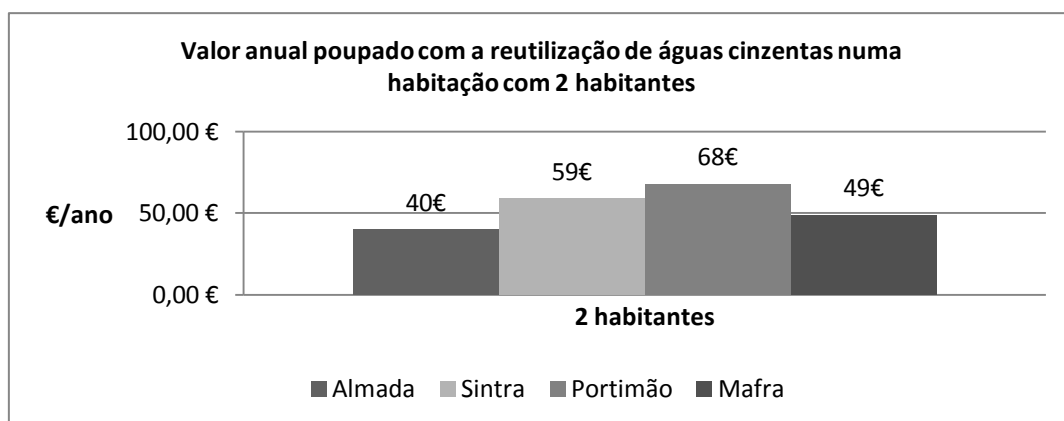


Figura 2.29 - Valor económico anual que poderá ser poupado numa habitação com 2 habitantes
 Fonte: Taneco, 2008

Pela análise da Figura 2.29, pode concluir-se que, para uma habitação com 2 pessoas, o valor poupado anualmente será superior em Portimão, e inferior em Almada.

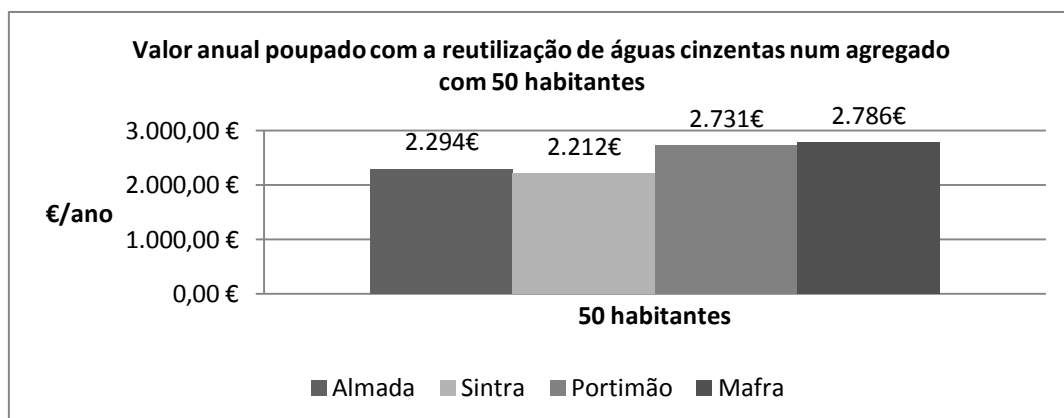


Figura 2.30 - Valor económico anual que poderá ser poupado num agregado com 50 habitantes
 Fonte: Taneco, 2008

Com o aumento do número de habitantes e, logo, do consumo, o valor anual passível de ser poupado também aumenta. Assim, o valor referente aos consumos do município de Mafra aumenta, levando ao aumento do valor anual poupado. Para 50 habitantes, o município que apresenta o menor valor de poupança é o de Sintra (Figura 2.30).

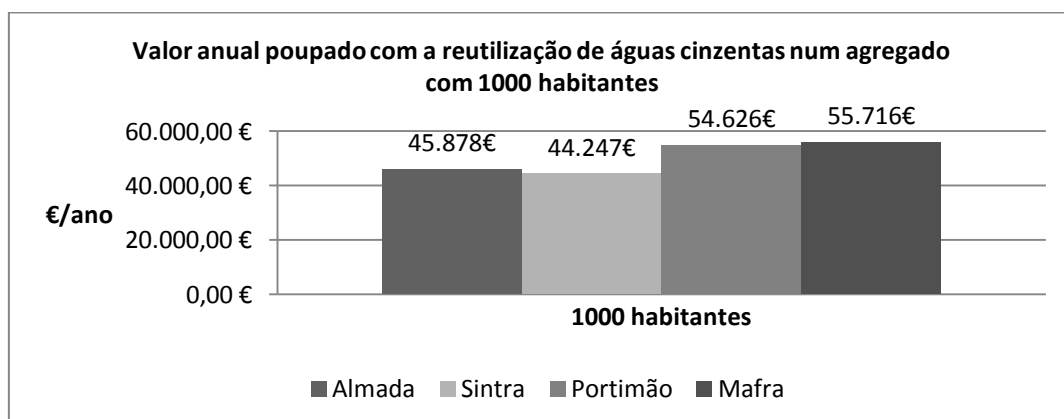


Figura 2.31 - Valor económico anual que poderá ser poupado num agregado com 1000 habitantes
 Fonte: Taneco, 2008

O valor total anual que pode ser poupado no município de Mafra ascende aos 55.716€, sendo assim o município com mais perspectiva de poupança. O município com menor valor poupado será de novo o município de Sintra (Figura 2.31).

Concluiu-se que o município onde se poderá poupar mais em termos económicos no reaproveitamento de águas cinzentas será o município de Mafra, excetuando o caso para dois habitantes.

3. Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP)

3.1 Descrição Geral dos SAAP

Um sistema de aproveitamento de águas pluviais funciona do seguinte modo: a água é recolhida em áreas impermeáveis, normalmente coberturas (Figura 3.1). Em seguida, é filtrada e armazenada em reservatórios, que podem ser enterrados, apoiados ou elevados e podem ser constituídos por vários materiais (May, 2004).

O reservatório de armazenamento é, normalmente, o componente mais dispendioso de todo o sistema de aproveitamento de águas pluviais. Assim, de modo a garantir a viabilidade económica, deve ser dada especial atenção ao dimensionamento, considerando a capacidade, o material e a localização. No reservatório, ocorre a última etapa da limpeza e filtração, antes de ser encaminhada para o seu uso específico (Sacadura, 2010).

Um SAAP inclui, habitualmente, as seguintes etapas (Neves *et al.*, 2006 e Bertolo e Simões, 2010):

- Captação, efetuada na cobertura dos edifícios, ou em varandas, garagens, pátios, entre outros;
- Pré-tratamento, de acordo com os usos definidos;
- Armazenamento;
- Utilização;
- Descarga de excedentes;
- Reforço da alimentação.

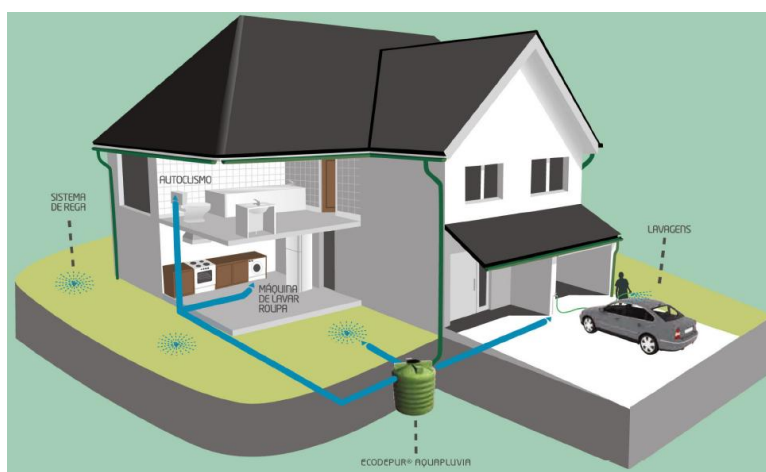


Figura 3.1 - Sistema predial de aproveitamento das águas pluviais em comercialização em Portugal
Fonte: Ecodepur, 2011

Segundo Bertolo e Simões (2010), um sistema de aproveitamento de águas pluviais divide-se nos componentes superfície de recolha, órgãos de condução, dispositivos de primeira lavagem (ou *first flush*), reservatórios para armazenamento, bombagem e tratamento.

3.2 Superfície de Recolha

A quantidade de água da chuva que pode ser recolhida depende da área de recolha, da precipitação atmosférica da localidade e do coeficiente de *runoff* da superfície de recolha (May, 2004). Normalmente, a superfície de recolha é a cobertura do edifício (telhado ou laje), dependendo a qualidade da água recolhida dos materiais que foram utilizados para a construção, dos materiais nela depositados e da manutenção (May, 2004 e Bertolo, 2006).

As coberturas devem ser limpas, uma ou duas vezes por ano, principalmente no final de cada estação seca. Deve verificar-se a presença de detritos acumulados, incluindo folhas e outro material vegetal, o material acumulado deve ser removido. Se existirem árvores com ramos pendentes sobre a cobertura, estes devem ser podados, evitando maior deposição de detritos e um meio de acesso a pequenos animais (*EnHealth Council*, 2004 e Bertolo, 2006).

Existem diversos tipos de materiais que podem ser utilizados para a cobertura, contudo, estas devem ser efetuadas com materiais quimicamente inertes, tais como plástico, alumínio ou fibra de vidro. No entanto, são também considerados outros materiais como telhas de cimento ou argila, fibrocimento ou asfalto, entre outros. Recomenda-se que a tinta utilizada para a pintura da cobertura seja não-tóxica, não contendo chumbo na sua composição (Quadros, 2010). Em coberturas novas, é aconselhável o desvio das águas da primeira chuva significativa, de modo a retirar detritos e poeiras resultantes da sua construção (Bertolo e Simões, 2010).

Nem toda a água da chuva que cai sobre uma superfície é recolhida e transportada para o reservatório. Isto deve-se às perdas que podem ocorrer devido ao tipo de material da cobertura e ao seu declive, à evaporação e até ao armazenamento. Uma cobertura feita de um material liso e impermeável terá maior quantidade de água recolhida. Em coberturas metálicas as perdas podem considerar-se desprezáveis, em coberturas de cimento as perdas consideram-se inferiores a 10% do total e em coberturas à base de betume ou cascalho o máximo de perdas pode atingir os 15% (Bertolo e Simões, 2010). Assim, deve ser considerado um coeficiente de escoamento, que será mais elevado para os materiais mais impermeáveis (coeficiente de *run off*).

De acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto-Lei 23/95, 1995), o coeficiente de escoamento é a razão entre a precipitação útil – a precipitação que dá origem ao escoamento – e a precipitação efetiva – a que escoar para o reservatório (QUADRO 3.1).

QUADRO 3.1 - Coeficiente de escoamento de acordo com o tipo de superfície de recolha

Superfície de Recolha	Coeficiente de Escoamento
Telhados	
Telhas Cerâmicas	0,80 – 0,90
Telhas Esmaltadas	0,90 – 0,95
Telhas Corrugadas de Metal	0,80 – 0,90
Cimento, Amianto	0,80 – 0,90
Plástico, PVC	0,90 – 0,95
Relvados	
Solo Arenoso, plano (2%)	0,05 – 0,10
Solo Arenoso, declive médio (2% - 7%)	0,10 – 0,15
Solo Arenoso, declive elevado (7%)	0,15 – 0,20
Ruas	
Asfaltadas	0,70 – 0,95
Betonadas	0,80 – 0,95
Vias para automóveis e peões	0,75 – 0,85

Fonte: Tomaz, 2003

As superfícies de recolha com inclinação são preferíveis para o aproveitamento de águas pluviais, pois a água escoar mais facilmente pela força da gravidade. Como a matéria orgânica pode acumular-se entre eventos de precipitação, uma cobertura íngreme permite que a água flua mais eficiente e rapidamente pela superfície, o que ajuda à limpeza da superfície (VRHM, 2009).

3.2.1 Coberturas Metálicas

As coberturas metálicas, à exceção das coberturas de cobre e com componentes de chumbo, são recomendadas para o aproveitamento de águas pluviais (VRHM, 2009). Geralmente, as coberturas metálicas apresentam uma textura suave e um elevado coeficiente de escoamento, onde, como já foi descrito, as perdas são desprezáveis. Há que ter em conta algumas precauções em relação a alguns materiais metálicos (TWDB, 2005). Os rufos com chumbo podem levar a contaminação da água pluvial, podendo ocorrer a lixiviação do chumbo no escoamento de coberturas mal conservadas, este processo pode ser potenciado por chuvas ácidas com substâncias orgânicas, como folhas velhas (*EnHealth Council*, 2004).

Como o chumbo, também já foram encontrados vestígios de alumínio e de zinco em escoamentos de coberturas nestes materiais. Apesar de a presença destes materiais afetar a parte estética da água pluvial – com efeitos de coloração no caso do alumínio e efeitos no odor e no sabor no caso do zinco – não foram identificados riscos para a saúde pública. Contudo, a ingestão de cobre pode causar problemas gastrointestinais e pode causar danos a nível renal e hepático em casos de exposição prolongada (VRHM, 2009).

3.2.2 Coberturas em Madeira

Devido ao baixo coeficiente de escoamento e aos variados produtos utilizados para revestir e tratar a madeira utilizada em coberturas, este tipo de material não é aconselhado para efetuar a recolha de água pluvial (VRHM, 2009). Assim, a madeira tratada pode ser uma fonte de contaminação química se existir contacto direto com a água pluvial e os conservantes utilizados (*EnHealth Council*, 2004).

3.2.3 Coberturas em Fibrocimento e Amianto

Atualmente, este tipo de materiais já não são regularmente utilizados, podendo existir algumas coberturas em habitações mais antigas (pré-anos 70). As fibras de amianto, quando inaladas em determinadas quantidades, podem ser prejudiciais para a saúde pública. Contudo, não se admite que a presença de amianto na água para consumo apresente um risco (*Australian Drinking Water Guidelines*, 1996).

Deve ser evitada a limpeza deste tipo de coberturas com métodos de limpeza com alta pressão. As coberturas em amianto devem ser mantidas intactas, pois as fibras podem ser libertadas no ambiente por ações de corte, raspagem ou por furos efetuados na cobertura. Nas zonas deterioradas, deve ser feita a substituição por materiais livres de amianto ou fibrocimento (*EnHealth Council*, 2004).

3.2.4 Coberturas à Base de Telhas de Cimento ou Argila

As coberturas semi-porosas absorvem alguma água pluvial, reduzindo a eficiência da recolha do sistema. A superfície com coloração destas coberturas poderá oxidar com o tempo pelo desgaste natural. Esta camada oxidada poderá quebrar e ser conduzida para os reservatórios, fornecendo cor à água. A camada não é tóxica e, se não for perturbada, irá assentar na base do reservatório. A cor poderá reaparecer após um evento de precipitação forte, se o material que está assentado for perturbado pelo escoamento da água no reservatório. A situação poderá ser ultrapassada pela lavagem das caleiras, evitando a entrada de material no reservatório, este deverá ser esvaziado e limpo (*EnHealth Council*, 2004 e Bertolo e Simões, 2010).

3.2.5 Coberturas com Telhas de Asfalto

As coberturas com telhas de asfalto são normalmente identificadas com impróprias para a recolha de água pluvial para fins potáveis. As telhas de asfalto podem libertar tanto chumbo como mercúrio (VRHM, 2009). Contudo, a composição de uma cobertura específica em asfalto altera-se consoante a localização, assim estas superfícies podem ser utilizadas para irrigação de jardins (Quadros, 2010).

3.2.6 Pinturas e Proteções para as Coberturas

Antes da aquisição de materiais ou tintas para coberturas onde irá ser recolhida água pluvial, devem ler-se as recomendações do fabricante nos rótulos e brochuras, sendo que em caso de dúvida, deve contactar-se o fabricante. Existem três tipos de tintas e proteções para coberturas (*EnHealth Council*, 2004 e Bertolo e Simões, 2010):

- Pinturas com base em chumbo (incluindo primários) – as concentrações de chumbo têm sido diminuídas nos últimos anos, contudo podem ser tóxicas para os utilizadores;
- Pintura acrílica – nos primeiros eventos de precipitação após a aplicação de tinta acrílica, irá ocorrer lixiviação de substâncias químicas. Assim, deverá existir desvio das primeiras águas;
- Pintura de base betuminosa (alcatrão) – não é recomendada, pois pode ocorrer lixiviação de substâncias prejudiciais para a saúde pública, assim como odor na água.

3.3 Órgãos de Condução

Um sistema de aproveitamento de águas pluviais é compatível com a maioria dos sistemas de órgãos de condução, mas pesquisas demonstraram que certos órgãos melhoram o funcionamento do sistema. As caleiras têm duas funções: recolher a água do telhado (intercepção) e transportar esta água para os tubos de queda (transporte). Ambas as funções são afetadas pelo formato e pelo declive da caleira. Pesquisas efetuadas demonstram que as caleiras devem ter um declive de 0,5% para 2/3 do comprimento e 1% para o restante 1/3 do comprimento e, idealmente, uma forma trapezoidal ou semicircular para intercepção e transportes ótimos (Figura 3.2). O aumento do declive permite o transporte de mais água que uma caleira com menor declive. As caleiras de formato trapezoidal e semicircular são preferidas pois são capazes de drenar uma maior área de cobertura (i.e. transportar mais água) com a mesma quantidade de material utilizado para construir a caleira. Assumindo que o preço das caleiras depende da quantidade de material utilizado para as construir, as caleiras trapezoidal e semicircular devem ser economicamente mais rentáveis e devem proporcionar mais velocidade à água, o que conduz a uma drenagem mais eficaz e à remoção de detritos (VRWH, 2009).

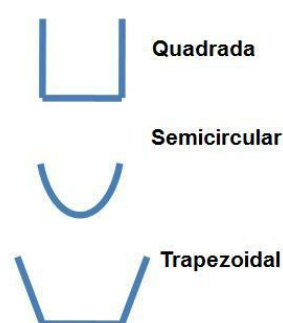


Figura 3.2 - Formatos comuns de caleiras

Fonte: *Virginia Rainwater Harvesting Manual*, 2009

As caleiras para além de recolherem a água pluvial também recolhem sedimentos e detritos, como fezes e carcaças de pequenos animais e folhas. A acumulação deste material é propícia ao crescimento de bactérias, contaminando a água pluvial recolhida, podendo também atrair outros animais, que aumentam a contaminação por patógenos (Bertolo e Simões, 2010). Assim, deve ser efetuada uma inspeção a cada 6 meses (*EnHealth Council*, 2004 e ANQIP, 2009a). Existem disponíveis equipamentos que rejeitam detritos de maiores dimensões antes da entrada da água nas caleiras, através de um filtro em malha de plástico ou metal instalado ao longo de toda a caleira (Figura 3.3). Contudo, as partículas de menores dimensões conseguem ultrapassar o filtro, o que obriga à limpeza regular.

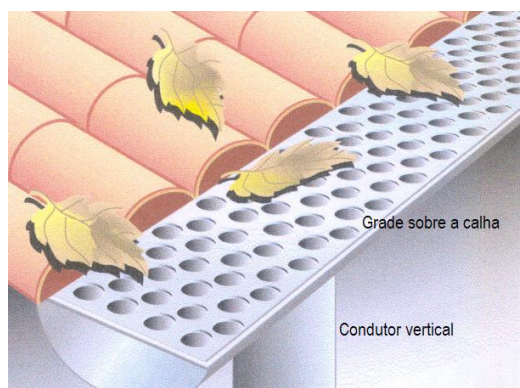


Figura 3.3 - Malha de plástico ou metal instalada sobre a caleira

Fonte: Watterfall (2002) in May (2004)

No Texas, o material mais comum dos órgãos de condução é o alumínio, sendo o aço galvanizado também utilizado. Outros materiais que se podem utilizar são o cobre e o aço inoxidável, que são mais dispendiosos que os anteriores. Os tubos de queda são, normalmente, do mesmo material que as caleiras, apresentando uma menor secção transversal. As ligações entre estes dois órgãos são comumente em PVC (Bertolo, 2006).

Os órgãos de condução são fulcrais para o transporte da água pluvial do telhado para o reservatório. Assim, é importante que o dimensionamento e a instalação destes equipamentos sejam bem efetuados, pois o mau dimensionamento pode reduzir a eficiência da recolha, comprometendo os restantes equipamentos que fazem parte de todo o SAAP. Tal como na superfície de recolha é aconselhado que os órgãos de condução não apresentem chumbo na sua composição nem pinturas que possam contaminar a água recolhida (TWDB, 2005 e Bertolo, 2006).

3.4 Filtração e Dispositivos de Primeira Lavagem (*First Flush*)

3.4.1 Filtração

A filtração antes da entrada no reservatório de armazenamento, protege a qualidade da água pluvial no reservatório evitando a introdução de detritos. A aglomeração de matéria orgânica no reservatório conduziria à sua decomposição resultando em níveis baixos de oxigénio e à acumulação de nutrientes na base do reservatório. Níveis baixos de oxigénio podem levar ao desenvolvimento de odores e ao crescimento de bactérias prejudiciais no reservatório. O objetivo de um filtro de alta qualidade é, não só eliminar os contaminantes, mas também fornecer oxigénio à água durante o processo de filtração. Os filtros de boa qualidade requerem inspeção apenas algumas vezes por ano e têm uma vida útil igual à do edifício (VRHM, 2009).

A empresa alemã *3P Technik* comercializa, em Portugal através da Ecoágua, um filtro, o VF1, que é utilizado nos sistemas de aproveitamento da água pluvial e que funciona do seguinte modo: a água da chuva proveniente da cobertura é recolhida pela caleira, escoo pelo tubo de queda e passa pelo filtro VF1, onde ocorre a separação de detritos e folhas de dimensões a partir dos 0,26 mm (Figura 3.4) (3P Technik, 2005).

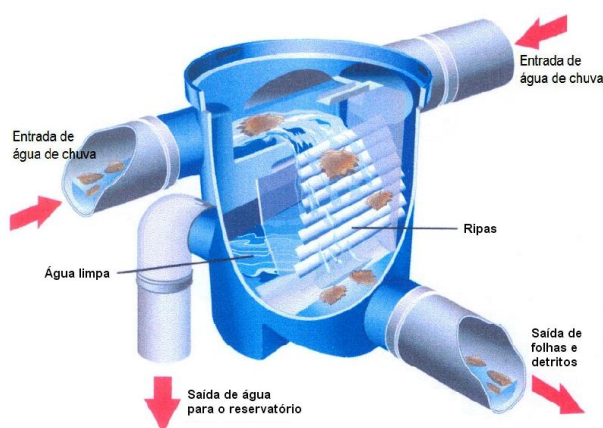


Figura 3.4 - Filtro VF1 da 3P Technik

Fonte: 3P Technik, 2005

À medida que o nível de água aumenta, esta é distribuída equitativamente pelas ripas da cascata, que a começam filtrar. Os detritos com maiores dimensões, como folhas, passam por cima das ripas da cascata, sendo rejeitados. A água pluvial passa pelas ripas e seguidamente por uma tela com malha de 0,26 mm (filtração secundária) e é encaminhada para o reservatório de armazenamento. As impurezas retiradas à água são conduzidos para o sistema de drenagem pluvial.

3.4.2 Dispositivos de Primeira Lavagem

Como já foi referido, as coberturas são propícias à acumulação de pó, folhas, insetos, fezes de animais, pesticidas entre outros. Os dispositivos de primeira lavagem impedem que o fluxo inicial de

água pluvial que atinge a cobertura seja direcionado para o reservatório de armazenamento (Figura 3.5) (TWDB, 2005). Pode dizer-se que esta primeira água enxagua a cobertura, levando a água mais limpa à medida que continua a chover. A tendência de água mais limpa mais tarde num evento de precipitação verifica-se para sedimentos, metais, bactérias e até pesticidas. Como a maioria dos possíveis contaminantes são removidos com a primeira lavagem, desviar esta água promove a qualidade da água armazenada (VRHM, 2009).



Figura 3.5 – Aspeto exterior de um sistema de desvio das primeiras águas

Fonte: *Bailey Tanks*, 2010 in Quadros, 2010

Existem várias variáveis que influenciam a quantidade de água que tem que ser desviada para assegurar água limpa e segura, como por exemplo, parâmetros geográficos, a intensidade do evento de precipitação, os efeitos dos padrões meteorológicos (duração de períodos secos entre eventos de precipitação), as propriedades da superfície de recolha e a própria natureza dos contaminantes (TWDB, 2005 e Quadros, 2010).

Yaziz *et al.* (1989) examinaram amostras de 1 litro de água consecutivas durante um evento de precipitação e concluíram que a concentração de alguns poluentes era elevada na primeira amostra de 1 litro mas diminuiu nas amostras seguintes. No caso dos coliformes fecais e dos coliformes totais, a contagem de unidades formadoras de colónias por 100 ml era elevada no início, contudo ao fim de quatro ou cinco amostras já não existiam vestígios de coliformes nas amostras. Assim, os autores sugerem, para a área de recolha estudada, que se desviem os primeiros 5 litros no mínimo, para garantir a segurança contra agentes microbiológicos. Contudo, a presença de metais pesados na água pluvial que foi recolhida de coberturas de chumbo, indica a necessidade de tratamento.

Segundo o *Texas Water Development Board* (2005), os volumes recomendados para desvio das primeiras águas são de 4 l a 8 l para cada 9m² de área de recolha. De acordo com o *EnHealth Council* (2004), para uma cobertura com área média, o volume de água a ser desviado é entre os 20l e os 25 l.

Existem vários tipos de sistemas para desvio das primeiras águas disponíveis. No Texas, EUA, é utilizado um sistema denominado por *standpipe* que consiste numa tubagem vertical, normalmente em PVC, instalada num extremo montante da caleira, anterior ao tubo de queda (Figura 3.6). Esta tubagem tem diâmetros entre os 150 mm e 200 mm e possui uma válvula e um orifício de limpeza na sua base, que pode atingir o solo. Quando a água pluvial enche a tubagem, a água começa a escoar para o tubo de queda que conduz ao reservatório (TWDB, 2005).

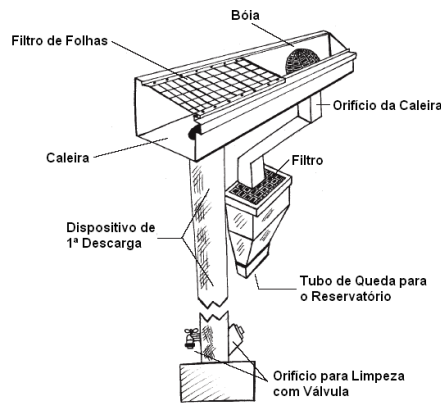


Figura 3.6 - Exemplo de *standpipe*

Fonte: *Texas Guide to Rainwater Harvesting*, 1997 in Bertolo e Simões, 2010

Outro sistema disponível consiste num reservatório para rejeição das primeiras águas. De acordo com Dacach (1990), referenciado por May (2004), a água pluvial é recolhida pela caleira sendo encaminhada para o tubo de queda, onde existe uma derivação para o reservatório de armazenamento, até um pequeno reservatório com capacidade fixa, que varia com a área de recolha. Este reservatório deve ter uma válvula na zona inferior para se efetuar a limpeza (Figura 3.7).

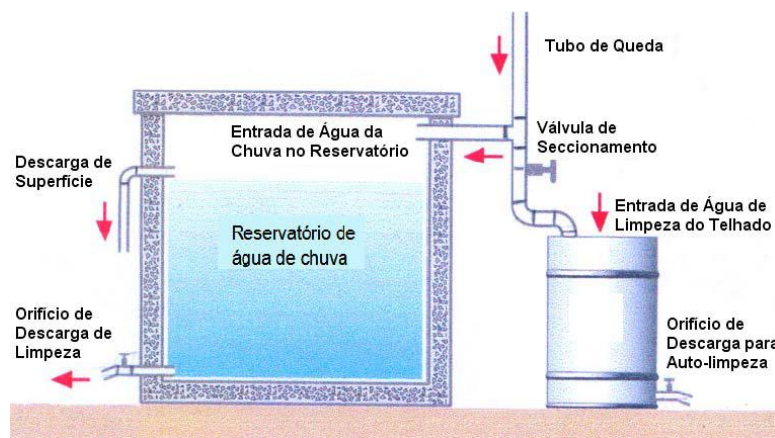


Figura 3.7 - Reservatório de água pluvial com reservatório para rejeição das primeiras águas

Fonte: Dacach, 1990 in May, 2004

Um terceiro sistema disponível para rejeição do *first flush* é um reservatório de autolimpeza com torneira de boia. Segundo Dacach (1990), o volume deste reservatório calcula-se pelo valor da superfície de recolha e pelo volume de água necessário para a limpeza do telhado. A água pluvial é recolhida pela caleira e escoar pelo tubo de queda, onde chega ao reservatório de autolimpeza, que se encontra situado sobre o reservatório de armazenamento (Figura 3.8). Este reservatório de autolimpeza está provido de uma boia de nível que ao atingir a posição limite fecha a válvula que dá acesso ao reservatório de autolimpeza. Assim, a água segue até ao reservatório de armazenamento.

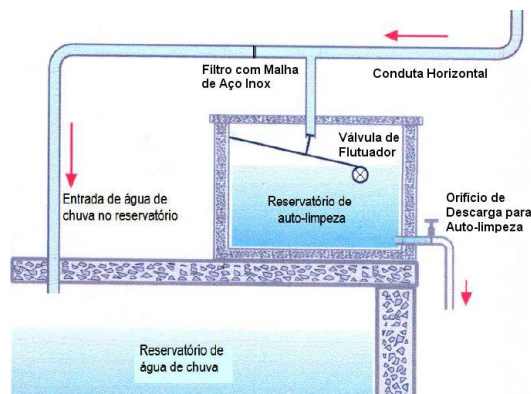


Figura 3.8 - Reservatório de autolimpeza com válvula de flutuador

Fonte: Dacach, 1990 in May, 2004

Em Portugal, a Especificação Técnica ANQIP 0701 (ANQIP, 2009a), menciona que o volume inicial de água pluvial a desviar poderá ser determinado com base em critérios de tempo ou com base na área de recolha e numa altura de precipitação pré-definida, podendo variar entre os 0,5 mm e os 8,5 mm, dependendo das condições do local.

Se não existirem estudos ou dados suficientes sobre o local, pode considerar-se o desvio de 2 mm de precipitação, podendo ser um valor menor em casos específicos. O volume de desvio será calculado pela seguinte expressão.

$$V_d = P \cdot A \quad 3.1$$

Onde,

V_d – Volume a desviar do sistema (litros)

P – Altura de precipitação (mm) admitida para o *first flush* (geralmente 2 mm)

A – Área de captação (m^2)

Quando se optar pelo critério de tempo, o volume mínimo a ser desviado deve corresponder aos primeiros 10 minutos de precipitação, podendo ser um valor inferior, até 2 minutos, quando o intervalo entre eventos de precipitação não excede os quatro dias.

3.5 Reservatório de Armazenamento

A seleção de um reservatório de armazenamento de águas pluviais depende de três critérios principais: volume, localização e material. O volume do reservatório depende sempre da área de recolha e da utilização da água pluvial. Contudo, as decisões de volume podem também basear-se na disponibilidade de espaço no local, nos requisitos legais e na disponibilidade de uma fonte de água de reserva. A escolha do volume do reservatório irá afetar as suas possíveis localizações e o volume irá ajudar na escolha do material do reservatório (VRHM, 2009).

O reservatório de armazenamento representa o componente mais dispendioso do sistema de aproveitamento de águas pluviais, uma vez que a superfície de recolha (a cobertura) já fará parte do projeto do edifício (TWDB, 2005).

Os reservatórios podem ser enterrados (Figura 3.9), apoiados sobre o solo, semienterrados ou elevados (Figura 3.10). Os materiais a utilizar variam entre a alvenaria, o betão, plástico reforçado com vidro, fibra de vidro, aço ou polietileno (Environment Agency, 2010 e Sacadura, 2011). Os reservatórios podem ter vários formatos diferentes, sendo os mais comuns os retangulares e os cilíndricos.

Se o volume de precipitação for superior ao volume do reservatório, a água excedente deve ser escoada por um descarregador do reservatório para a rede pública de esgoto pluvial. Caso a água pluvial não seja suficiente para o abastecimento dos consumidores, o reservatório deverá ser automaticamente alimentado pelo sistema de abastecimento público (Sacadura, 2011).

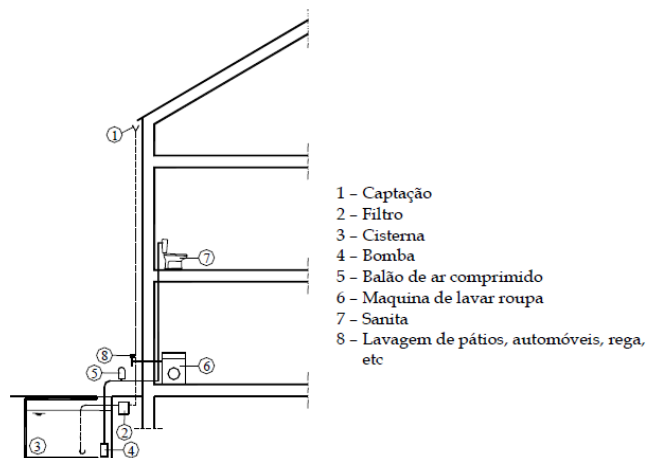


Figura 3.9 - Sistema de aproveitamento de água pluvial com cisterna enterrada

Fonte: Bertolo e Simões, 2010

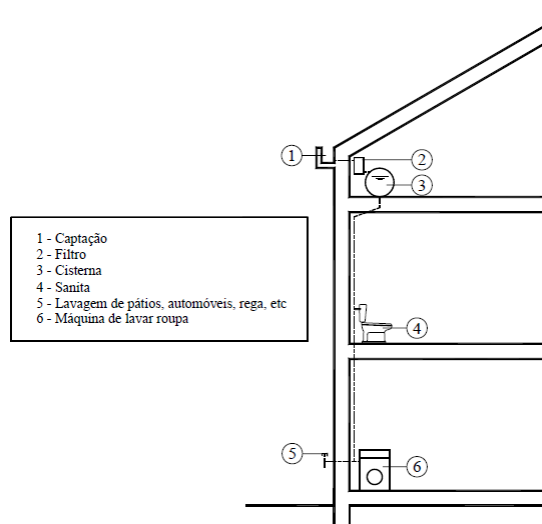


Figura 3.10 - Sistema de aproveitamento de água pluvial com cisterna no sótão

Fonte: Bertolo e Simões, 2010

3.5.1 Localização do Reservatório

Os reservatórios devem ser localizados o mais próximo possível dos pontos de fornecimento e abastecimento da água pluvial, de modo a reduzir a distância que a água tem que ser transportada (TWDB, 2005).

O reservatório deverá ser localizado num local onde a temperatura seja moderada, evitando o crescimento de bactérias no verão e a formação de gelo no inverno. Necessita de estar protegido da luz solar direta para evitar o sobreaquecimento e o crescimento de algas e deve ter uma escotilha de acesso para limpeza. Os reservatórios enterrados evitam estas questões (TWDB, 2005; VRHM, 2009 e *Environment Agency*, 2010). A localização abaixo do solo beneficia de temperaturas menos elevadas e as instalações acima do solo evitam custos de escavação e questões de manutenção (QUADRO 3.2). Se a localização do reservatório levar ao abastecimento de água por gravidade, então este deve situar-se na zona com maior cota possível (Bertolo e Simões, 2010).

QUADRO 3.2 - Vantagens e desvantagens de reservatórios enterrados e acima do solo

Reservatórios acima do solo		Reservatórios enterrados	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Acesso fácil para reparação e inspeção	Maior risco de crescimento de algas	Luz solar reduzida que impede a formação de algas	A instalação é mais dispendiosa (custos de escavação)
Menores custos de instalação	Risco de danos pelo gelo nas tubagens	Protegidos das condições climáticas	Menor acessibilidade para manutenção e inspeção
Não existem problemas com águas subterrâneas	Necessitam de espaço	Não utilizam espaço no local	Requerem uma localização adequada

Fonte: *Environment Agency*, 2010

De acordo, com o *Virginia Rainwater Harvesting Manual* (2009), apesar de não existirem leis ou requisitos governamentais, para volumes que excedam os 40 m³ ou se estão a ser utilizados vários tubos de queda, a opção mais viável é o reservatório subterrâneo.

Os reservatórios que não são enterrados (elevados) necessitam de uma estrutura de apoio, mesmo que estejam sobre o solo. Quando estão expostos necessitam de ter uma boa aparência e é fulcral que a altura máxima da parte superior do sistema do reservatório esteja a uma cota menor que a menor cota de captação (Alt, 2009).

3.5.2 Materiais do Reservatório

Em geral, qualquer reservatório de armazenamento de água pode ser utilizado como reservatório de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (VRHM, 2009). No mercado encontram-se disponíveis reservatórios de vários materiais e dimensões, sendo possível também a sua construção no local.

3.5.2.1 Betão

Os reservatórios neste material podem ser enterrados ou sobre o solo e apresentam normalmente robustez e longa duração (Figura 3.11). O facto de poderem ser construídos no local faz com que possam ser projetados consoante a necessidade de cada caso específico, podendo ainda ser constituídos por componentes pré-fabricadas (Bertolo, 2006). Os reservatórios construídos no local podem ser integrados numa construção nova sob um pátio ou uma cave, sendo a sua construção considerada permanente (TWDB, 2005).

Apesar de ser um material estável e duradouro, podem ocorrer fissuras ao longo das paredes de betão que podem levar a vazamentos indesejados. Os reservatórios em betão devem ser inspecionados periodicamente, principalmente no caso de serem enterrados em terrenos argilosos, pois a expansão e contração do solo podem levar à ocorrência de tensões extra no reservatório. Uma das características atrativas deste material é o facto de conseguir alcalinizar as chuvas com pH mais ácido, pela dissolução do carbonato de cálcio (CaCO₃) das paredes e da laje de fundo do reservatório (TWDB, 2005; VRHM, 2009 e Bertolo e Simões, 2010). Contudo, em reservatórios recentes pode ocorrer a lixiviação de calcário, o que torna a água demasiado alcalina, com o pH elevado. Assim, estes reservatórios devem ser enxaguados antes do início da sua utilização (*EnHealth Council*, 2004).



Figura 3.11 - Reservatório em betão, construído pela sobreposição de anéis de betão pré-fabricados
 Fonte: TWDB, 2005

3.5.2.2 Ferrocimento

O ferrocimento é um material compósito de baixo custo, constituído por argamassa de cimento e aço. Normalmente, os reservatórios construídos neste material são efetuados *in situ*, embora também existam reservatórios pré-fabricados disponíveis no mercado (Figura 3.12).

Segundo May (2004), o ferrocimento tem sido o material escolhido no semiárido brasileiro para a construção de reservatórios, uma vez que se mostra um material eficaz para o efeito. Relatos demonstram que, em países subdesenvolvidos, e em aplicações menos dispendiosas, o ferrocimento tem sido o material de eleição nos últimos 100 anos, devido ao baixo custo e à disponibilidade dos materiais. Pequenas fendas e fugas podem ser facilmente reparadas com uma mistura de cimento e água, que deve ser aplicada onde apareçam manchas de água nas paredes exteriores do reservatório (TWDB, 2005).

Algumas fontes recomendam que se pintem as paredes dos reservatórios em ferrocimento não enterrados de branco para refletirem os raios solares, reduzindo a evaporação e mantendo a água fresca.



Figura 3.12 - Reservatórios de ferrocimento, como o ilustrado, são concebidos *in situ* utilizando uma armadura metálica e cimento

Fonte: TWDB, 2005

3.5.2.3 Pedra

Os reservatórios elaborados em pedra apresentam a vantagem de conseguirem manter a água no seu interior a uma temperatura baixa, sendo também muito duráveis (VRHM, 2009 e Bertolo e Simões, 2010). Outra vantagem dos reservatórios neste material é a possibilidade de estes poderem ser projetados para combinar com construções adjacentes.

Esta começou por ser uma solução viável nos locais onde a quantidade de pedra disponível era abundante. Atualmente, algumas instalações como o *National Wildflower Research Center* no Texas aplicaram esta técnica tradicional na construção dos seus reservatórios (*Texas Guide to Rainwater Harvesting*, 1997).

A construção de reservatórios em pedra tem que ser pensada e efetuada de modo a excluir materiais potencialmente tóxicos e prejudiciais para a saúde pública, tais como alguns impermeabilizantes, principalmente se a água pluvial armazenada for fonte de água para consumo.

3.5.2.4 Plásticos

Fibra de Vidro

Estes reservatórios pré-fabricados são dos mais comuns atualmente nas instalações de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e apresentam-se comercialmente numa vasta gama de dimensões (Figura 3.13). Têm como principais vantagens o facto de serem leves, têm um custo acessível, elevada durabilidade e fácil manutenção (VRHM, 2009 e Bertolo e Simões, 2010).

Os reservatórios com capacidade inferior a 4 m³ são dispendiosos para a sua dimensão, sendo preferível a escolha de outro material. Os reservatórios que sejam instalados acima do solo devem ser colocados num local nivelado, sólido e suave. Estes reservatórios são fabricados com uma camada interior que não é prejudicial para o consumo humano e devem também ser opacos para evitarem o crescimento de algas (*EnHealth Council*, 2004; TWDB, 2005 e VRHM, 2009).

Outra característica é que os acessórios são parte integrante do reservatório, assim não há o risco de vazamento por ligações mal efetuadas.



Figura 3.13 - Reservatórios de fibra de vidro

Fonte: VRHM, 2009

Polipropileno e Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

Os reservatórios de polipropileno são comumente vendidos para quintas para todo o tipo de armazenamento e a variedade mais habitual deve ser instalada acima do solo. Estes reservatórios são relativamente baratos, leves e duráveis. As camadas de tinta não se fixam sobre o material, assim é necessário adquirir um reservatório que não deixe entrar a luz solar. Os acessórios destes reservatórios não fazem parte do conjunto e, apesar de serem fáceis de montar, podem estar sujeitos a fugas (TWDB, 2005).

Os reservatórios de polietileno (Figura 3.14) estão disponíveis no mercado em vários modelos, dimensões e formatos e podem ser instalados sobre o solo ou podem ser enterrados. Apresentam baixo custo, elevada durabilidade e leveza que facilita o transporte (VRHM, 2009 e Bertolo e Simões, 2010).

Para garantir a longa duração, os reservatórios utilizados no exterior devem estar protegidos com inibidores de radiações UV (Bertolo e Simões, 2010).



Figura 3.14 - Reservatório em PEAD, instalado acima do solo

Fonte: VRHM, 2009

Revestimentos em Plástico

Os revestimentos em plástico são utilizados quando em reservatórios de materiais como betão, entre outros, ocorreram vazamentos (Bertolo, 2006).

Os revestimentos de plástico são também utilizados para reservatórios temporários de recolha de água, ou de baixo preço, que tenham sido construídos com materiais permeáveis, como o contraplacado. Estão disponíveis revestimentos em plástico para utilização em água potável.

3.5.2.5 Madeira

Os reservatórios em madeira são muito desejados para reservatórios em zonas urbanas e suburbanas devido à questão estética. Os reservatórios modernos são efetuados em pinho, cedro ou cipreste enrolados por cabos de ferro com tensão aplicada e alinhados com plástico (Figura 3.15). Estes reservatórios encontram-se disponíveis numa vasta gama de dimensões, são duráveis e têm que ser construídos no local por um técnico especializado, podendo ser facilmente desmantelados e montados num local diferente (TWDB, 2005 e VRHM, 2009).

As principais questões em relação a estes reservatórios são o seu preço elevado, não podem ser construídos em locais quentes e/ou secos e só podem ser instalados acima do solo.



Figura 3.15 - Reservatório em madeira em Central Texas que demonstra o seu interesse estético

Fonte: TWDB, 2005

3.5.2.6 Aço Galvanizado

Na Austrália, os reservatórios em aço galvanizado são os mais comuns para SAAP. O aço galvanizado não é resistente à corrosão, logo estão disponíveis camadas protetoras antiferrugem no mercado. Os reservatórios novos poderão lixiviar excesso de zinco, que poderá afetar o sabor da água, não sendo um risco para a saúde. Assim, estes deverão ser enxaguados antes do uso (EnHealth Council, 2004).

A corrosão inicial do aço galvanizado leva à formação de uma camada aderente que cobre a superfície do reservatório, protegendo-o contra futura corrosão. Quando se efetuar a limpeza é importante não perturbar esta película.

Estes reservatórios só podem ser utilizados acima do solo (VRHM, 2005).

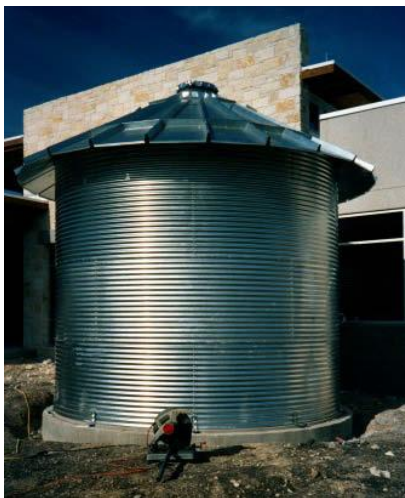


Figura 3.16 - Reservatório em folha de aço galvanizado

Fonte: TWDB, 2005

3.5.3 Volume do Reservatório

As dimensões de um reservatório de armazenamento são determinadas pela correlação de algumas variáveis (*EnHealth Council*, 2004; TWDB, 2005; VRHM, 2009 e Quadros, 2010).

- Área de superfície de recolha;
- Precipitação local e padrões climáticos;
- Volume de água necessário (necessidades);
- Quantidade máxima de água recolhida (abastecimento);
- Disponibilidade de uma fonte de abastecimento alternativa;
- Disponibilidade de espaço no local;
- Orçamento.

Existem variados métodos diferentes para calcular a capacidade de um reservatório de armazenamento. Estes métodos variam em complexidade e sofisticação. Um dos métodos mais utilizados é o Método de Rippl, também designado por Método do Diagrama de Massas e, apesar da sua facilidade de aplicação, foi elaborado para dimensionamento de grandes reservatórios, o que aumenta o volume dos reservatórios. O valor obtido por este método pode considerar-se um valor máximo extremo e pode servir com uma referência máxima do volume do reservatório (Amorim e Pereira, 2008).

De acordo com a ETA 0701 (ANQIP, 2009a), este método é muito útil para um sistema de maior dimensão ou quando a estrutura de consumos não é uniforme ao longo do tempo, o que pode ser importante quando se tem em conta a rega de espaços verdes ou em situações de ocupação sazonal. Nesta categoria também se englobam os métodos Australiano e da Simulação.

Por outro lado, os métodos Práticos são aproximações, que não contêm tantas variáveis como os métodos descritos anteriormente, sendo baseados em expressões simples e apresentando um valor final da capacidade do reservatório. Contudo, o valor final da capacidade nem sempre é o mais adequado (Sacadura, 2011).

Em seguida, serão apresentados alguns dos métodos mais utilizados atualmente.

3.5.3.1 Método de Rippl

Este método centra-se na determinação do volume do reservatório de armazenamento, baseando-se na superfície de captação e considerando que nem toda a água que cai na cobertura é armazenada. Os autores recomendam que o intervalo entre os dados pluviométricos seja o menor possível de modo a que a precisão seja a maior possível, ou seja, o ideal será utilizar os dados de precipitação diários. O período de recolha dos dados também deverá ser o maior possível, levando a um dimensionamento mais eficiente (Amorim e Pereira, 2008).

Os dados de entrada para o cálculo do volume são a precipitação média mensal ou diária (mm); o consumo mensal ou diário (m^3); a área de recolha (m^2); o coeficiente de escoamento superficial (C) e a eficiência do sistema (η). A eficiência do sistema diz respeito à eficiência dos dispositivos que se encontram antes do reservatório, como filtros, desviadores de *first flush*, entre outros.

Os resultados deste método são:

- Volume aproveitável (m^3); volume máximo de água pluvial que pode ser recolhido num intervalo mensal ou diário;

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad 3.2$$

Onde,

V – Volume diário, mensal ou anual de água pluvial (mm);

P – Precipitação média diária, mensal e anual (mm);

A – Área de recolha (m^2);

C – Coeficiente de *run off*;

η – Eficiência do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

- Consumo – Volume aproveitável (m^3); diferença entre o volume de água consumido e o volume de água pluvial aproveitável;
- Diferenças acumuladas (m^3); diferença entre o volume obtido pelo somatório das diferenças positivas entre o consumo e o volume aproveitável;
- Volume do reservatório de armazenamento de água pluvial (m^3); valor máximo das diferenças acumuladas.

3.5.3.2 Método Simplificado Alemão

Segundo Amorim e Pereira (2008), este é um método empírico, segundo o qual se toma o menor valor entre os seguintes para o volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{Reservatório} = \text{mínimo} [V; C] \times 0,06 \quad 3.3$$

Onde,

$V_{Reservatório}$ – Volume calculado do reservatório (m^3);

V – Volume anual de precipitação aproveitável (l);

C – Consumo anual de água não potável (l).

Segundo a ETA 0701 (ANQIP, 2009a), este método admite um período de reserva de água no reservatório de três semanas.

3.5.3.3 Método Simplificado Espanhol

O Método Espanhol pondera precipitações e consumos, como o Método Alemão, mas tem em conta o valor médio e um período de reserva de água no reservatório de 30 dias. Segundo este método, o volume útil deve ser, no mínimo (ANQIP, 2009a):

$$V_u = [(V_a + C_e)/2] \times (30/365) \quad 3.4$$

Onde,

V_u – Volume útil (l);

V_a – Volume anual aproveitável (l);

C_e – Consumos anuais estimados (l).

Geralmente, o Método Simplificado Espanhol conduz a valores da mesma ordem de grandeza que o Método Simplificado Alemão.

A ETA 0701 (ANQIP, 2009a) sugere a utilização deste método para habitações unifamiliares localizadas em zonas com pluviosidades mínimas entre os 500 mm e os 800 mm por ano e com consumos de água pouco variáveis.

3.5.3.4 Método Prático Inglês

Este método empírico, para o cálculo do volume do reservatório, baseia-se nos volumes de precipitação, sendo o valor final independente dos consumos (Amorim e Pereira, 2008 e ANQIP, 2009a).

$$V = 0,05 \times P \times A \quad 3.5$$

Onde,

V – Volume de água aproveitável e o volume de água no reservatório;

P – Precipitação média anual (mm);

A – Superfície de recolha em projeção (m²).

O Método Prático Inglês conduz a valores de capacidade do reservatório aproximados dos valores obtidos pelo Método Simplificado Alemão.

3.5.3.5 Método Prático Brasileiro

Este método empírico foi elaborado para condições climáticas distintas das condições verificadas no território português, o que conduz a um volume cerca do dobro do volume calculado pelos restantes métodos. Baseia-se nos volumes de precipitação, sendo independente dos consumos (Amorim e Pereira, 2008; ANQIP, 2009a e Sacadura, 2011).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad 3.6$$

Onde,

V – Volume de água aproveitável e volume de água do reservatório (l);

P – Precipitação média anual (mm);

A – Área de recolha em projeção (m²);

T – Número de meses de pouca chuva ou de seca.

3.5.3.6 Método de Análise de Simulação de um Reservatório com Capacidade Suposta

O presente método baseia-se na atribuição de um volume para o reservatório de armazenamento e na verificação da quantidade de consumo que será suprido. A simulação pode ser efetuada tendo em conta apenas um ano, contudo a análise de períodos prolongados dá uma noção do que poderia acontecer em situações de seca extrema, por exemplo (Amorim e Pereira, 2008).

Inicialmente, adotam-se valores possíveis para o volume do reservatório de armazenamento, baseados na estimativa de consumo de água não potável. Os autores sugerem os seguintes passos para o correto dimensionamento do reservatório:

- Adotar volumes dos reservatórios, para serem analisados;
- Adicionar ao valor inicial do volume do reservatório (final do mês anterior) o volume de água captada;
- Para cada mês subtrair o volume que foi consumido;
- Gerar um gráfico para cada volume adotado com a variação dos volumes consoante os meses (opcional);
- Analisar os gráficos e calcular a eficiência de cada reservatório.

Obtém-se a eficiência do reservatório pela relação entre os meses ou dias em que o reservatório não necessita de uma fonte de abastecimento alternativa (abastecimento da rede) e todos os meses ou dias do período analisado.

O volume do reservatório de armazenamento será aquele que apresente maior eficiência ou que apresente um resultado satisfatório. Este método pode ser utilizado com os valores de cálculo dos restantes métodos de dimensionamento, analisando assim cada um dos valores calculados.

3.5.3.7 Método Prático Australiano

O Método Australiano é um método empírico que tem por base a seguinte expressão:

$$Q = [A \times C \times (P - I)]/1000 \quad 3.7$$

Onde,

Q – Volume mensal produzido pela chuva (m³);

A – Superfície de recolha (m²);

C – Coeficiente de escoamento superficial;

P – Precipitação média mensal (mm);

I – Interceção da água que molha as superfícies de recolha e perdas por evaporação, geralmente 2 mm.

O cálculo do volume do reservatório é efetuado por tentativas, até à obtenção de valores otimizados de confiança do reservatório, através da expressão:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad 3.8$$

Onde,

Q_t – Volume mensal produzido pela chuva no mês t (m³);

V_t – Volume de água que está no reservatório no fim do mês t (m³)

V_{t-1} – Volume de água que está no reservatório no início do mês t (m³);

D_t – Necessidades mensais (m³).

Quando $V_{t-1} + Q_t - D_t < 0$, então $V_t = 0$. Para o cálculo da eficiência utiliza-se a seguinte expressão:

$$Pr = Nr/N$$

3.9

Onde,

Pr – Falha;

Nr – Número de meses em que o reservatório atendeu ao consumo, ou seja $V_t = 0$;

N – Número de meses considerado.

Por fim, a eficiência calcula-se através de $(1 - Pr)$, e recomenda-se que os valores estejam entre os 90% e os 99% (Amorim e Pereira, 2002).

3.5.4 Instalação do Reservatório

Segundo o *Virginia Rainwater Harvesting Manual* (2009), os reservatórios para armazenamento de água pluvial devem ser instalados de modo a evitar danos e a minimizar os riscos de contaminação. Os reservatórios subterrâneos devem estar perfeitamente selados, principalmente no ponto de acesso, de modo a evitar infiltrações de águas subterrâneas ou de escoamentos superficiais. Os reservatórios sobre o solo devem estar instalados em locais estáveis e nivelados e os reservatórios subterrâneos devem ser dimensionados para suportarem as cargas do solo acima destes.

Todos os reservatórios apresentam acessórios que melhoram o seu funcionamento e a qualidade da água fornecida.

3.5.4.1 Vaso de Expansão

O vaso de expansão evita que a água embata na superfície do reservatório ou entre com demasiada pressão, evitando a turbulência e permitindo a entrada de oxigênio na água que se encontra no reservatório (Figura 3.17). O vaso de expansão é um amortecedor instalado na base do reservatório que recebe a água proveniente do filtro através de um tubo. Deste modo, a água expande-se, perdendo força e sem causar perturbação nos sedimentos que se encontram depositados no fundo do reservatório (3P Technik, 2005; ANQIP, 2009a e Sacadura, 2011).



Figura 3.17 – Vaso de expansão para entrada anti turbulência

Fonte: 3P Technik, 2005

A camada de sedimentos no fundo do reservatório de armazenamento de águas pluviais é comumente denominada por bio filme. O bio filme é composto por camadas de bactérias ligadas por cadeias de matrizes de polímeros, normalmente hidratos de carbono, que oferecem proteção ao seu desenvolvimento baseado em relações simbióticas, permitindo a sua sobrevivência em ambientes hostis (VRHM, 2009). Evans *et al.* (2006) sugerem que os processos como a formação de bio filme e os ciclos dos nutrientes contribuem para a melhoria da qualidade da água armazenada, apresentando impactos positivos em vez de impactos adversos.

De acordo com o *Virginia Rainwater Harvesting Manual* (2009), a camada de bio filme no fundo do reservatório deve ser protegida para assegurar a elevada qualidade da água. Assim, o reservatório

nunca deve ser esvaziado ou limpo desde que a água pluvial passe pelos sistemas de filtração antes da entrada no reservatório. A limpeza do reservatório acabará com a camada de bio filme. No caso de o reservatório apresentar um sistema de abastecimento de água alternativo, recomenda-se que esta água não seja depositada no reservatório pois os tratamentos químicos também acabarão com o bio filme. Deste modo, a água deverá contornar o reservatório através de válvulas específicas e de um sistema adequado de prevenção de *backflow* (refluxo).

3.5.4.2 Sifão

As partículas mais leves que a água pluvial, como o pólen ou óleos, atingem a superfície da água armazenada no reservatório ascendendo lentamente. A camada de partículas é removida pelo sifão, que deve ter um *design* especial, quando o reservatório se encontra cheio e transborda, o que deve acontecer pelo menos duas vezes por ano (Figura 3.18). Esta camada flutuante poderia, em casos extremos, tamponar a superfície da água impedindo a entrada de oxigênio, o que conduziria a processos anaeróbios (3P Technik, 2005).

Outras funções fulcrais para o bom funcionamento do SAAP que o sifão apresenta são a atuação com selo hidráulico, evitando a entrada de odores do exterior, em geral da galeria pluvial e o impedimento da entrada de pequenos animais que podem transmitir doenças. Esta barreira é feita por meio de uma lâmina ou pelo *design* do sifão, que tem as entradas de aspiração da água estreitas, impedindo a entrada de partículas mais leves.

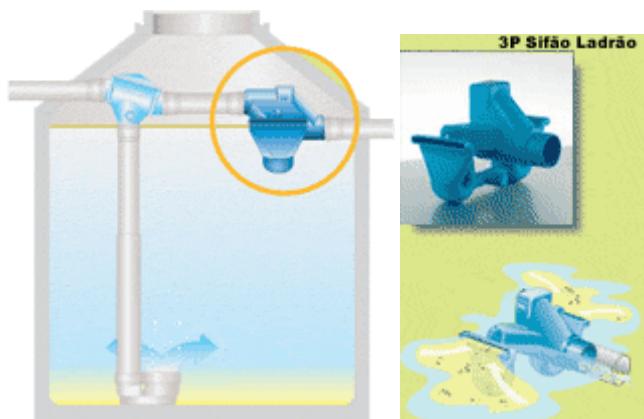


Figura 3.18 – Sifão

Fonte: 3P Technik Brasil, 2000

3.5.4.3 Conjunto Flutuante de Sucção

Em todos os reservatórios de armazenamento de água ou tanques, a água mais limpa encontra-se imediatamente abaixo da superfície, e não no fundo junto à sedimentação. O conjunto de sucção flutuante atua com uma boia que mantém a entrada para o tubo logo por baixo da superfície, podendo ainda ser dotado de um filtro roscado. O tubo é composto por uma mangueira flexível, o que garante a funcionalidade do conjunto, esteja o reservatório com qualquer quantidade de água (Figura 3.19). Assim, impede-se que partículas em suspensão entrem e entupam a bomba, diminuindo o desgaste e o consumo de energia (3P Technik, 2005).

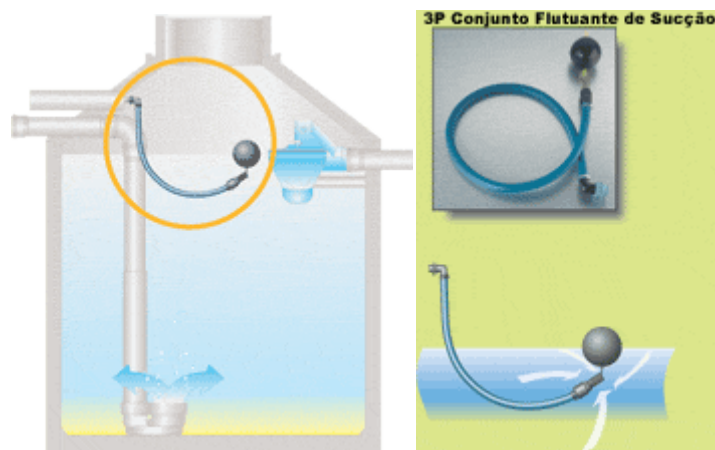


Figura 3.19 - Conjunto de sucção flutuante

Fonte: 3P Technik Brasil, 2000

3.5.4.4 Abastecimento de Água Alternativo

Como medida preventiva, um SAAP deve sempre ter uma ligação independente ao serviço de abastecimento público de água. Como os eventos de precipitação são acontecimento aleatórios, existe sempre a possibilidade de falta ou esgotamento da água pluvial. Assim, os reservatórios de armazenamento podem ser parcialmente carregados com água potável, como alternativa para a água que está em falta (VRHM, 2009).

Estes sistemas devem ter incorporado um dispositivo que impeça o refluxo, de modo a evitar a contaminação do serviço de abastecimento público com água pluvial. É também recomendado que a tubagem de água da rede de abastecimento que entra no reservatório se situe o mais elevada possível em relação ao nível da água pluvial, para assegurar que as ligações cruzadas não ocorrem.

A ativação deste sistema pode ocorrer por meio de comutadores flutuantes e válvulas de ativação. Se a água pluvial armazenada atingir um nível demasiado baixo, um comutador flutuante será ativado desligando a bomba do SAAP e ativando uma válvula que permite que a água flua da fonte de abastecimento de apoio.

Outra opção baseia-se num sistema de diferencial de pressão. De acordo com este conceito, o SAAP opera a uma pressão superior que o abastecimento de apoio. Quando o nível de água se torna baixo, a bomba do SAAP deixa de funcionar. Assim, a elevada pressão da água já não consegue reter a baixa pressão da água do sistema alternativo permitindo o fluxo para o propósito final do SAAP. A Figura 3.20 ilustra uma sugestão de um sistema de abastecimento de água alternativo.

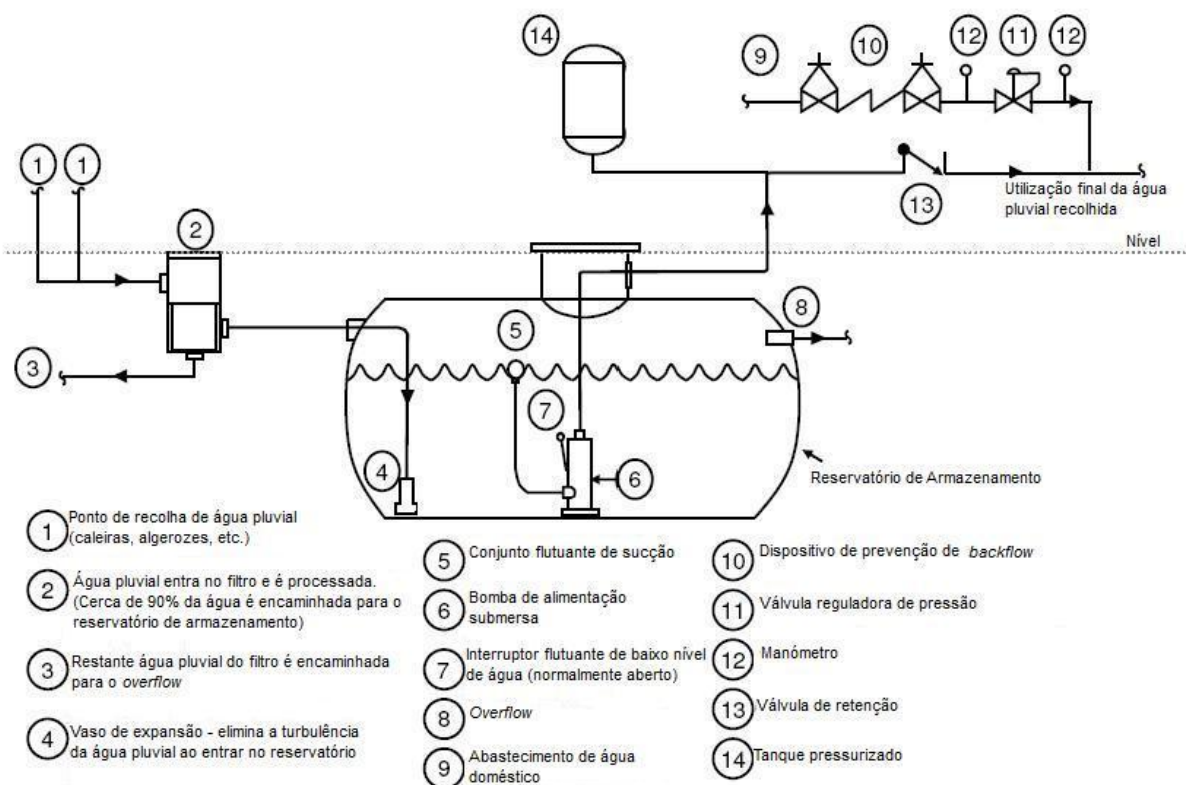


Figura 3.20 - Reservatório enterrado com um sistema de abastecimento de água alternativo

Fonte: *Rainwater Management Solutions*, 2009 in *Virginia Rainwater Harvesting Manual*, 2009

É importante realçar a necessidade de assegurar que as tubagens são distinguidas por cores diferentes. Nas especificações técnicas portuguesas não existe uma cor obrigatória que designe água pluvial. Assim, deve ser responsabilidade do projetista do SAAP a identificação adequada das tubagens de água pluvial.

3.6 Bombagem

A distribuição da água pluvial pode ser efetuada por gravidade ou por bombagem. As leis da física e a topografia da maioria das propriedades normalmente levam à necessidade de uma instalação elevatória entre o armazenamento da água e o tratamento, e a habitação ou o seu uso final (TWDB, 2005).

A instalação elevatória deve estar provida com grupos eletrobomba, dispositivos de comando, de segurança e de alarme. Os grupos eletrobomba devem ser automáticos e permitir também o funcionamento manual, não apresentando características que alterem a qualidade da água armazenada. Esta instalação elevatória deve ter, se necessário, isolamento acústico, devido aos ruídos e vibrações, tendo em consideração a regulamentação aplicável e deve estar protegida das condições climáticas, num local ventilado (ANQIP, 2009a; Bertolo e Simões, 2010).

O tipo de comando automático para as bombas mais comum é por boias flutuantes que, ao atingirem um determinado nível pré-definido, acionam os interruptores que comandam o funcionamento das bombas. A velocidade da água na tubagem não deve ultrapassar os $1,50 \text{ ms}^{-1}$ e o diâmetro desta deve permanecer constante ao longo do seu comprimento.

Os fatores a considerar no dimensionamento da instalação elevatória são o caudal que irá ser bombado e a altura manométrica (ou de elevação), que representa o aumento de pressão que a água sofre ao passar pela bomba. Assim, a potência necessária para a bomba vem pela expressão:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{\eta} \quad 3.10$$

Onde,

P – Potência (W);

γ – Peso Volúmico (N/m³);

Q – Caudal bombado (m³/s);

H_{man} – Altura de elevação (m);

η – Rendimento da bomba.

Se necessário, a instalação elevatória pode ser dotada de dispositivos de comando, de proteção conta o choque hidráulico.

3.7 Tratamento

Como no presente trabalho só serão estudados os usos não potáveis, segue-se uma tabela com a qualidade que a água pluvial deve apresentar e soluções de tratamento (QUADRO 3.3).

QUADRO 3.3 - Diretivas de qualidade mínima da água e opções de tratamento para aproveitamento de águas pluviais, USEPA

Usos interiores não potáveis	<ul style="list-style-type: none">• Coliformes totais <500 ufc/100 ml ^{A)}• Coliformes fecais <100 ufc/100 ml ^{A)}	<ul style="list-style-type: none">• Pré-filtração – desvio de <i>first flush</i>• Filtração de sedimentos – malha de 5 μm• Desinfecção – cloração ou desinfecção com UV
	N/D	<ul style="list-style-type: none">• Pré-filtração – desvio de <i>first flush</i>

^{A)} ufc – Unidades formadoras de colónias

Fonte: Kloss, 2008

Segundo a ETA 0701 (ANQIP, 2009a), no caso da rega de jardins e da lavagem de pavimentos, a utilização da água pluvial pode dispensar qualquer tratamento complementar físico-químico ou bacteriológico. A utilização de água pluvial sem tratamento para descargas de autoclismos, só se admite se a água respeitar, no mínimo, as normas de qualidade de água balneares, nos termos do Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto, que transpõe a Diretiva n.º 76/160/CEE, do Conselho, de 8 de dezembro, ambos já referidos, valores que se encontram em concordância com o disposto no QUADRO 3.3 para Valores Máximos de Referência.

3.7.1 Filtração de Sedimentos

A filtração de sedimentos remove as partículas pequenas e os contaminantes associados que não assentaram na base do reservatório de armazenamento. Esta medida preventiva irá aumentar a eficácia da desinfecção. Segundo as diretivas da USEPA, para usos interiores não potáveis, os filtros devem ter uma malha de 5 micron ou menor (Kloss, 2008).

3.7.2 Cloração

A desinfecção com cloro é um método simples e económico, pois é um dos métodos mais comuns para desinfecção da água potável do abastecimento público. As formas mais comuns de cloro são hipoclorito de sódio (NaClO) líquido, a comum lixívia, e o hipoclorito de cálcio (Ca(ClO)₂) sólido.

O QUADRO 3.4 apresenta a correlação entre o tempo de contacto do cloro, a temperatura da água e o seu pH, segundo o *Texas Water Development Board* (2005). Como se pode verificar, o cloro torna-se menos eficaz à medida que o valor de pH aumenta.

QUADRO 3.4 - Correlação entre o tempo de contacto do cloro, a temperatura e o pH da água

pH da água	Temperatura da água		
	10°C ou mais	7°C	4°C ou menos
Tempo de contacto (minutos)			
6,0	3	4	5
6,5	4	5	6
7,0	8	10	12
7,5	12	15	18
8,0	16	20	24

Fonte: TWBD, 2005

O *EnHealth Council* (2004) sugere, como medida de segurança, que o cloro deva ser cuidadosamente diluído num recipiente de plástico que contenha água, antes de o adicionar ao reservatório de armazenamento. Se possível, a mistura deve ser espalhada uniformemente pela superfície da água para maximizar a sua mistura. Deve esperar-se entre 1 a 24 horas antes da utilização da água tratada. Um dos problemas da utilização de cloro para desinfecção é que os seus resíduos reagem com a matéria orgânica em decomposição na água podendo ocorrer a formação de trihalometanos, considerados perigosos e cancerígenos. O cloro é eficaz contra bactérias prejudiciais e muitos vírus, mas é limitado na neutralização de *Giardia* ou *Cryptosporidium* (*EnHealth Council*, 2004; TWDB, 2005).

A ETA 0701 (ANQIP, 2009a) sugere que, no caso da utilização de compostos de cloro para desinfecção, o valor de cloro residual livre se situe entre os 0,2 e os 0,6 mg/l.

3.7.3 Radiação Ultravioleta

A radiação UV sempre foi comum nos processos de desinfecção de águas residuais em estações de tratamento e, hoje em dia, é também utilizada para tratamento de água potável. É uma operação eficaz que extermina e esterilizar todas as bactérias e vírus presentes na água pluvial, pela exposição à luz UV, providenciando uma garantia contínua da qualidade da água. Para além da capacidade de desinfecção quase total, esta prática tem a vantagem de não envolver a adição de químicos (*EnHealth Council*, 2004; TWDB, 2005).

No caso da aplicação da desinfecção com UV na água pluvial armazenada, é fulcral que a água passe primeiro por uma filtração de sedimentos, pois os patógenos podem ser protegidos da luz UV pelas partículas em suspensão na água (TWDB, 2005). O sistema de luz UV pode ser instalado nas tubagens que transportam a água do reservatório de armazenamento até à habitação (*EnHealth Council*, 2004).

O sistema de luz UV requer pouca manutenção. Contudo, as lâmpadas UV têm um tempo de vida limitado e precisam de ser substituídas após um período entre os nove e os doze meses. É também recomendado que o sistema tenha incorporado um sensor que indique se o dispositivo está operacional ou não.

3.8 Qualidade da Água e Manutenção

3.8.1 Qualidade da Água

Como não existe legislação específica em Portugal, foi já referido, que os parâmetros de qualidade da água pluvial devem estar em concordância com o disposto no Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto, que transpõe a Diretiva n.º 76/160/CEE, do Conselho, de 8 de dezembro. Para além dos riscos de saúde, o QUADRO 3.5 refere os parâmetros relacionados com a monitorização do sistema geral (*Environment Agency*, 2010).

QUADRO 3.5 - Valores de orientação para monitoração geral do sistema

Parâmetro	Valores de orientação	Tipo de sistema
Oxigênio dissolvido na água pluvial armazenada	>10% de saturação ou > 1mg/l de oxigênio, o menor dos dois valores	Todos os sistemas
Sólidos suspensos	Visualmente límpida e livre de detritos em suspensão	Todos os sistemas
Cor	Incolor	Todos os sistemas
Turvação	<10 UNT	
pH	5 – 9	Sistemas unifamiliares e de comunidade
Cloro residual	<0,5mg/l para rega de jardins <2mg/l para os restantes usos	Todos os sistemas, onde seja utilizado

Fonte: *Environment Agency*, 2010

O QUADRO 3.5 apresenta uma indicação da qualidade que a água pluvial de um sistema bem dimensionado e cuidado deve alcançar para a maioria das condições de operação.

3.8.2 Manutenção da Qualidade da Água

Com uma inspeção regular e manutenção qualificada, a vida útil do SAAP será superior, os danos estruturais e as reparações não planeadas podem ser prevenidos (*Deutsches Institut für Normung*, 2002).

É essencial que nenhum humano entre no reservatório a não ser em casos absolutamente necessários, e só deverá ser feito por profissionais que tenham equipamento apropriado e treino para trabalhar em locais confinados. Devem ser seguidas todas as instruções dos fabricantes e: (*Deutsches Institut für Normung*, 2002; *EnHealth Council*, 2004; *Environment Agency*, 2010):

- Verificar a presença de detritos acumulados na superfície de recolha, devendo este ser retirado;
- Limpar os filtros cerca de três vezes por ano, dependendo das árvores pendentes sobre a superfície de recolha;
- Manter as caleiras livres de sedimentos para evitar o entupimento do sistema;
- Inspeccionar visualmente o reservatório pelo menos uma vez por ano;
- Verificar o sistema alternativo de abastecimento de água uma vez por ano;
- Proteger todas as entradas do reservatório contra a entrada de insetos e pequenos animais;
- Verificar evidências de entrada de animais ou insetos, incluindo larvas de insetos no interior do reservatório. Se presentes, identificar e selar os pontos de acesso. Se houver indícios de crescimento de algas, devem ser selados os pontos de entrada de luz;
- Verificar o sistema da instalação elevatória uma vez por ano, procedendo a ações experimentais;
- Verificar a integridade estrutural de tubagens. As zonas que não drenem sozinhas devem ser drenadas.

A Norma alemã *DIN 1989-1:2001-10 Regenwassernutzungsanlagen* (*Deutsches Institut für Normung*, 2002) apresenta recomendações de inspeção e manutenção vantajosas, especificando a periodicidade de cada ação.

4. Sistemas Prediais de Reciclagem ou Reutilização das Águas Cinzentas (SPRAC)

4.1 Descrição Geral dos SPRAC

Um sistema predial de reutilização de águas cinzentas (SPRAC) possibilita que, antes da descarga final, essas águas sejam reutilizadas no edifício, com ou sem tratamento, consoante a qualidade exigível para as utilizações (Figura 4.1) (ANQIP, 2011a).

Por outro lado, um sistema de reciclagem de águas cinzentas promove o tratamento destas e a sua reentrada no ciclo predial.

A conceção e instalação de SPRAC, só podem ser efetuadas por técnicos devidamente certificados e por empresas que tenham desenvolvido as capacidades teóricas e práticas necessárias. Deve ser efetuado um Plano de Segurança, inicialmente pelo instalador e periodicamente pelo utilizador. Este Plano de Segurança deverá dividir-se, no mínimo, nos seguintes pontos:

- Caracterização da instalação;
- Avaliação de riscos;
- Critérios para a avaliação da conformidade da qualidade da água regenerada;
- Procedimento em caso de avaria ou de problema grave (Plano de Atuação).



Figura 4.1 - Exemplo de um esquema de ligações para um SPRAC

Fonte: Taneco, 2008

A heterogeneidade da poluição das diferentes águas cinzentas provenientes das várias utilizações contribui para a utilização de diversos métodos de tratamento. Como é sabido, existe uma correlação entre o tratamento necessário à água cinzenta e a sua aplicação. Consoante o grau de tratamento da água cinzenta aumenta, a qualidade da água melhora, diminuindo o risco para a saúde pública. O tipo de efluente produzido na habitação condicionará a eficiência da sua reutilização (Rossa, 2006).

Um processo simples, utilizado em muitas partes do mundo, é o de utilizar um tanque ou cisterna para recolher a água cinzenta, desinfetá-la, filtrá-la e direcioná-la diretamente para rega ou para sanitas (WHO, 2006; Rossa, 2006).

A desinfecção e filtração das águas cinzentas têm como objetivos a remoção de sólidos e a eliminação de odores, de modo a reduzir o risco de possível contaminação. Este tratamento poderá ser efetuado, quando necessário, através da utilização de cloro ou de bromo. Tratamentos através de calor, luz UV, carvão ativado, entre outros, também podem ser utilizados apesar dos seus custos serem mais elevados.

A ETA 0905 (ANQIP, 2011a) refere que, por razões de saúde pública e técnicas, todos os SPRAC devem ser certificados nos termos da ETA 0906, que exige a apreciação prévia do projeto pela ANQIP, incluindo duas visitas à obra, a certificação dos instaladores, um Plano de Segurança e um Contrato de Manutenção.

Os SPRAC variam significativamente na sua complexidade e dimensão, de pequenos sistemas com tratamentos simples a grandes sistemas com processos de tratamento complexos (Allen *et al.*, 2010 e *Environment Agency*, 2011). Contudo, os mais comuns apresentam como componentes um reservatório para armazenar a água tratada, uma bomba, um sistema de distribuição para transportar a água tratada até ao seu uso final e algum tipo de tratamento. Todos os SPRAC que contenham armazenamento da água têm que incorporar algum nível de tratamento, pois a água cinzenta que não é tratada deteriora-se rapidamente no reservatório (*Environment Agency*, 2011).

Esta rápida deterioração deve-se à temperatura morna que a água cinzenta costuma apresentar e à sua elevada concentração de matéria orgânica, como partículas de pele, cabelos, sabões e detergentes. Esta água morna e rica em nutrientes promove condições ideais para a multiplicação de bactérias, resultando em odores e fraca qualidade da água. A composição da água cinzenta também pode apresentar bactérias prejudiciais à saúde humana, que representam risco se não tiverem um tratamento adequado.

No dimensionamento de um SPRAC deve sempre ser previsto um abastecimento alternativo de água, com água proveniente de outras origens, mas com a qualidade adequada ao seu uso. O suprimento deverá ser automático e efetuado na última fase do tratamento. Quando o nível de água cinzenta tratada atingir um valor mínimo no reservatório, o dispositivo de suprimento arrancará, introduzindo apenas a quantidade de água necessária (ANQIP, 2011a).

Os SPRAC podem ser agrupados consoante o tipo de tratamento que utilizam. Neste trabalho, será feita a divisão em sistemas de reutilização direta (sem tratamento), sistemas de desvio (não armazenam a água mas pode ocorrer tratamento), sistemas físicos e químicos, sistemas biológicos e sistemas biomecânicos (*Environment Agency*, 2011).

4.2 Sistemas de Reutilização Direta

É possível reutilizar água cinzenta sem efetuar qualquer tipo de tratamento, desde que a água não seja armazenada durante muito tempo antes da sua utilização. Por exemplo, assim que a água do duche arrefeça pode ser diretamente utilizada para regar o jardim (*Environment Agency*, 2011).

Estão disponíveis equipamentos muito simples para tornar estes sistemas práticos. Entre os quais o *Water Green*, que é basicamente uma mangueira com uma pequena bomba manual para criar sucção (Figura 4.2). Isto permite direcionar a água dos duches, já fria, diretamente das banheiras, pela mangueira até ao jardim.



Figura 4.2 - Utilização do *Water Green*

Fonte: *My Greener Home*

A utilização de água cinzenta deste modo pode não ser adequada a todos os casos, mas o *Water Green* oferece um método pouco oneroso e simples de poupar água, evitando questões de armazenamento. Contudo esta água não deverá regar plantas comestíveis ou com frutos.

Existem outros equipamentos dimensionados para reutilização de águas cinzentas diretamente de um sistema principal de drenagem selado. Por exemplo, uma válvula pode ser instalada num tubo de esgoto externo, que drene água da banheira ou do chuveiro (Figura 4.3). Esta válvula pode ser usada para direcionar a água cinzenta para um tanque de água onde, uma vez arrefecida, a água pode ser utilizada para rega do jardim. Um exemplo deste tipo de válvula é a válvula *Water Two*, que pode ser instalada na tubagem existente e ligada de modo a desviar a água cinzenta para armazenamento ou para o esgoto. Como a água cinzenta não é tratada, não deve ser armazenada por muito tempo, pois a qualidade da água irá deteriorar-se rapidamente.



Figura 4.3 - Exemplo de aplicação de uma válvula *Water Two*

Fonte: *Water Two*

4.3 Sistemas de Desvio

Em alguns locais o armazenamento de água cinzenta é proibido, como em Queensland, Austrália e na Califórnia, EUA. Assim, existem variados sistemas que utilizam imediatamente a água cinzenta sem recorrer ao armazenamento nem ao tratamento. Incluem-se os sistemas que desviam a água cinzenta para os autoclismos, para a posterior descarga, os sistemas que desviam a água cinzenta para irrigação no exterior, e os sistemas que desviam a água cinzenta para zonas húmidas de tratamento. Normalmente estes sistemas envolvem alguma filtração de cabelos, gorduras, óleos ou fibras, incluindo também desinfecção com cloro ou bromo (Allen *et al.*, 2010).

Existe uma variedade de sistemas de desvio disponíveis comercialmente que dirigem a água dos duchos, banhos e lavatórios diretamente para os autoclismos. Estes sistemas redirecionam a água drenada diretamente para os autoclismos ou para um recetáculo que posteriormente encaminhará a água para a descarga sanitária. A Figura 4.4 mostra uma sanita projetada para reutilizar a água do lavatório que está sobre si. Estes sistemas são pouco caros e não necessitam de espaço adicional.



Figura 4.4 - Sanita que reutiliza a água cinzenta do lavatório acima de si

Fonte: Caroma *in* Allen *et al.*, 2010

Existem sistemas piloto de águas cinzentas que desviam a água de duchos ou lavatórios para zonas húmidas de tratamento ou outros filtros baseados em plantas ou no solo. Por exemplo, em Berlim, foi construída uma zona húmida nas traseiras de um edifício residencial que está operacional há oito anos (Figura 4.5). A água cinzenta proveniente de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupa desagua num filtro de solo coberto de vegetação onde sofre tratamento biológico. A

desinfecção por luz UV foi incluída como medida final de segurança antes da reutilização da água em descargas de autoclismos.

Investigações intensivas ao longo de vários anos revelaram que no interior do filtro de solo, as concentrações de *E. coli* reduziram até 99% do total e que todos os valores exigidos pela Diretiva 76/160/CEE para águas balneares foram cumpridos. O custo deste tipo de tratamento para águas cinzentas pode variar bastante.



Figura 4.5 - Zona húmida construída para tratamento de águas cinzentas num empreendimento em Berlim
Fonte: *Nolde Grey Water Recycling in Allen et al., 2010*

A maioria destes sistemas de desvio básicos apresenta uma válvula de duas posições que pode ser aberta ou fechada; o que permite que a água cinzenta flua para o esgoto (como aconteceria normalmente) ou que seja direcionada para o sistema de reaproveitamento. Esta opção ajuda a assegurar que os SPRAC são bem geridos e nunca são assoberbados com excesso de volume de água.

4.4 Sistemas de Tratamento Físicos e Químicos

Os SPRAC que necessitem de armazenamento para a água cinzenta, devem ter tratamento adequado para reduzir bactérias e outros microrganismos, evitando a sua multiplicação em águas estagnadas. Os sistemas de tratamento físicos e químicos usam a desinfecção com químicos e a filtração para remover os contaminantes (Allen *et al.*, 2010; *Environment Agency*, 2011).

Este tipo de sistemas normalmente inclui reservatórios de armazenamento, filtros e bombas. Muitos sistemas de tratamento e armazenamento também incorporam carbono ativado e/ou filtros de argila e desinfecção, como cloração ou purificação por radiação UV. Estes sistemas podem custar entre os 750€ e os 3500€ para uma habitação unifamiliar e necessitam de algum espaço (Allen *et al.*, 2010).

O QUADRO 4.1 apresenta alguns tratamentos comuns de água cinzenta, assim como as suas vantagens e desvantagens.

QUADRO 4.1 - Tecnologias mais comuns de tratamento físico e químico

Tratamento	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Desinfecção	Cloro, ozono ou luz UV podem ser todos usados para desinfecção das águas cinzentas	Muito eficazes na eliminação de bactérias se bem projetados e operados; necessidade de pouca habilidade do operador	O cloro e o ozono podem originar produtos nocivos, o ozono e a radiação UV podem ser adversamente afetados pelas variações na matéria orgânica da água cinzenta
Carbano ativado	O carbano ativado é tratado com oxigênio para abrir milhões de poros entre os seus átomos. O que resulta em superfícies altamente porosas de 30m ² a 185m ² por grama. Estes filtros são então usados para absorver odores e substâncias coloridas de gases e líquidos	Operação simples, o carbano ativado é bom a reter químicos orgânicos, assim como compostos inorgânicos, como cloro	Elevado custo, muitos outros químicos não são atraídos para o carbano (sódio, nitratos, etc.). Isto que significa que um filtro de carbano ativado irá apenas remover algumas impurezas. Uma vez que todos os poros estejam ocupados, o filtro deixa de funcionar
Filtro de areia	Camas de areia ou, em alguns casos, cascalho ou palha que captam e absorvem os contaminantes enquanto a água flui	Operação simples, pouca manutenção, necessidade de pouca habilidade do operador	Elevado custo, reduz os patógenos mas não os elimina, sujeito a entupimento e inundação se sobrecarregado

Fonte: NovaTec Consultants Inc., 2004 in Allen et al., 2010

É necessário fazer uma avaliação dos custos gerais e dos benefícios, pois a utilização de desinfetantes tem impacto ambiental (*Environment Agency*, 2011).

Um estudo efetuado pela *Environment Agency* (2011), do governo do Reino Unido, sobre este tipo de sistemas, reportou:

- A poupança de água oscilou entre 6% e cerca de 32% do total do uso de água;
- A viabilidade variou entre casos;
- Os filtros necessitam de limpeza regular para evitar entupimentos;
- A ocorrência de odores devido a baixa qualidade da água ou a elevadas concentrações de desinfetante;
- Ocasões em que o sistema falhou e ativou o abastecimento de apoio de água potável sem conhecimento dos utilizadores.

Outros estudos revelaram problemas semelhantes com a viabilidade destes sistemas. Por exemplo, a empresa *South Staffordshire Water* instalou e observou sistemas físicos e químicos de tratamento de águas cinzentas num bloco de apartamentos e concluiu que estes sistemas não são viáveis. Alguns habitantes encontravam-se felizes inicialmente, mas com o tempo começaram a surgir problemas como odores, má performance, ruídos e fraca qualidade da água. O difícil acesso aos sistemas nos apartamentos para reparação exacerbou todos estes problemas. O retorno estimado era de cerca de 65 anos, o que, neste caso, era superior ao período de vida útil dos sistemas.

Os problemas de acesso poderiam ter sido evitados se fosse instalado um sistema comunitário, em vez de um sistema em cada apartamento.

4.5 Sistemas Biológicos

Os sistemas biológicos, apesar de variarem na sua complexidade e no seu formato, têm o mesmo conceito: as bactérias são usadas para remover matéria orgânica (contaminação) das águas cinzentas. O processo tem como princípios os mesmos utilizados numa estação de tratamento de águas residuais. Introduce-se oxigênio na água cinzenta para permitir que as bactérias processem a contaminação orgânica. Diferentes sistemas fornecem oxigênio de maneiras diferentes; alguns

sistemas utilizam bombas para introduzir ar na água armazenada no reservatório, enquanto outros sistemas utilizam plantas para introduzir ar na água (*Environment Agency*, 2011).

As tecnologias de tratamento incluem filtros de membranas para remover os contaminantes, bactérias e vírus, juntamente com tratamento biológico aeróbico. O tratamento biológico aeróbico envolve o arejamento da água para aumentar o oxigénio dissolvido e ativar as bactérias presentes na água cinzenta, estas consomem o oxigénio e digerem os contaminantes orgânicos. Alguns sistemas de tratamentos aeróbicos incluem folhas onduladas de plástico ou outro meio para que as bactérias se agrupem e evoluam. Um método comum deste tipo de tratamento utiliza um reator biológico de contacto (RBC) (Allen *et al.*, 2010).

O reator biológico de contacto consiste num conjunto de rotores compostos por fino discos de plástico rígido, que funcionam parcialmente submersos (Figura 4.6). Estes circulam lentamente com velocidade de 1,0 r.p.m. a 1,6 r.p.m. (May, 2009).

As bactérias aglomeram-se nos discos e, quando estes giram, por estarem parcialmente submersos, promovem ciclicamente o arejamento e a imersão das colónias de bactérias na água cinzenta. As bactérias vão digerindo os contaminantes presentes no efluente. Ao receberem mais oxigénio, as bactérias aumentam formando grandes colónias, originando espessas camadas de bio filme. Devido ao constante aumento da camada de bio filme, as bactérias que se encontram em contacto com o disco não conseguem receber oxigénio, favorecendo a sua morte que leva à separação da camada do disco. O bio filme quando se solta, segue para o decantador formando um lodo ativo, pois apenas uma das camadas está morta. No decantador, o lodo ativo sedimenta, e a água tratada flui pela parte superior sendo orientada para o reservatório de armazenamento.

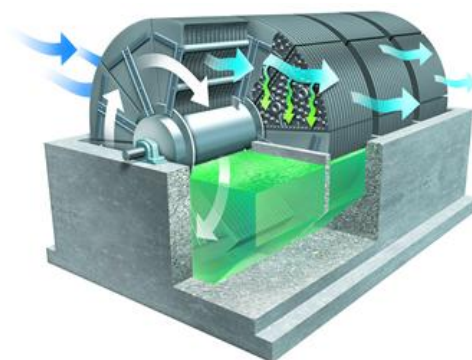


Figura 4.6 - Exemplo de um reator biológico de contacto

Fonte: *McNish Corporation*, 2008

Os tratamentos biológicos de água cinzenta também incluem bio reatores de membrana (MBR), que se tornaram muito comuns nas ETAR desde a década de 1990. O maior avanço para os MBR surgiu no início da década de 1990 quando a membrana de separação foi inserida diretamente no bio reator. Até aí, os MBR necessitavam de muita pressão (e então energia) para a filtração ser bem-sucedida. A membrana submersa baseia-se no arejamento por bolhas para misturar o efluente e limitar o entupimento dos poros da membrana (Allen *et al.*, 2010).

Os custos reduzidos de operação alcançados devido à submersão da membrana juntamente com a diminuição dos custos das membranas encorajaram o aumento exponencial da utilização de MBR em ETAR. Hoje em dia existe uma variedade de sistemas de MBR disponíveis, a maioria dos quais utilizam membranas submersas, apesar de existirem versões com módulos exteriores disponíveis. As membranas normalmente consistem em fibras ocas e folhas lisas. Por exemplo, o *Copa MBR Technology* é um tratamento biológico aeróbico que incorpora membranas de folha lisa. Estas membranas apresentam poros com diâmetros na ordem dos 0,1 μm aos 0,4 μm , filtrando então partículas e esporos como *giardia* e *cryptosporidia*, bactérias e até alguns vírus (Figura 4.7).

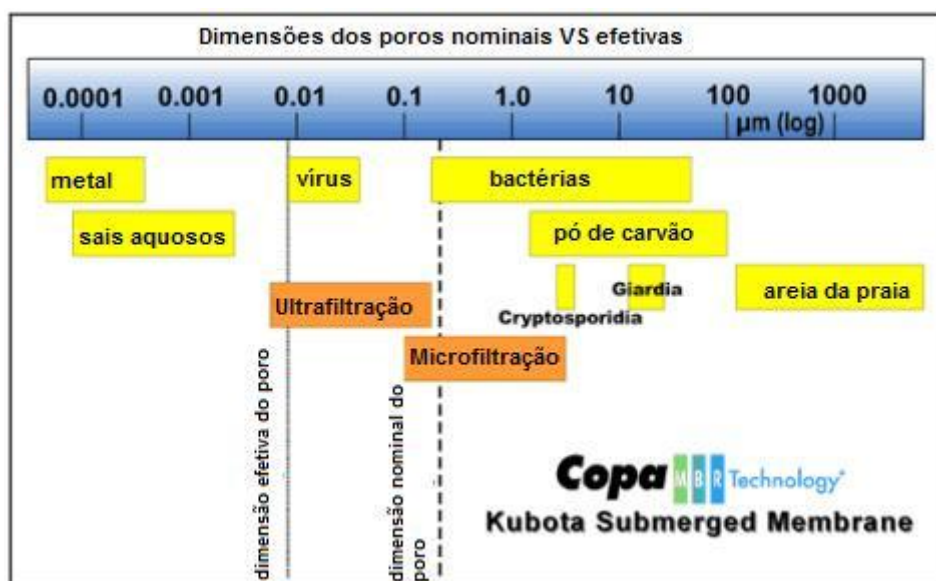


Figura 4.7 - Dimensões dos poros das membranas e respectivas capacidades de filtração

Fonte: Ovivo, 2010 in Allen *et al.*, 2010

O QUADRO 4.2 aponta as duas tecnologias de sistemas biológicos de tratamento de águas cinzentas já referidas e as suas vantagens e inconveniências.

QUADRO 4.2 - Tecnologias mais comuns de tratamento biológico

Tratamento	Descrição	Vantagens	Desvantagens
Tratamento Biológico Aeróbico (RBC)	O ar é inserido para transmitir oxigênio à água cinzenta. As bactérias presentes consomem esse oxigênio dissolvido e digerem os contaminantes orgânicos, reduzindo a sua concentração	Serve para águas de qualidades diferente e em quantidades diferentes, permite que a água tratada seja armazenada por tempo indefinido	Elevado custo de aquisição, elevado custo de operação, requisitos operacionais complexos, não remove todos os patógenos
Bio Reator de Membrana (MBR)	Utiliza tratamento biológico aeróbico e filtração juntos para encorajar o consumo de contaminantes orgânicos e a filtração de todos os patógenos	Altamente eficaz se for bem projetado e operado, serve para águas cinzentas de qualidades e quantidades diferentes, permite que a água tratada seja armazenada por tempo indefinido	Elevado custo de aquisição, elevado custo de operação, requisitos operacionais complexos

Fonte: NovaTec Consultants Inc., 2004 in Allen *et al.*, 2010

4.6 Sistemas Bio Mecânicos

Os sistemas domésticos mais avançados de tratamento de águas cinzentas combinam o tratamento biológico e físico (Environment Agency, 2011).

A Pontos é uma empresa alemã que fabrica sistemas de tratamento de águas cinzentas e que criou o *Pontos AquaCycle*. Inicialmente, o sistema *AquaCycle* filtra as partículas grosseiras, em seguida, a água entra nos reservatórios de retenção onde é arejada, passando por tratamento biológico e, por fim, sendo desinfetada com radiação UV. Este sistema apresenta elevados custos e necessita de algum espaço, não obstante a sua eficácia (Allen *et al.*, 2010).

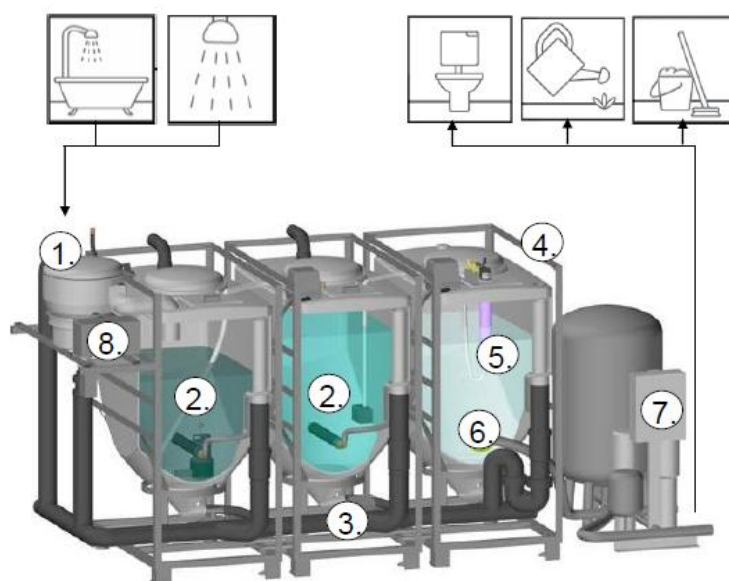


Figura 4.8 - O Pontos AquaCycle, da Hansgrohe

Fonte: Hansgrohe AG, 2011

Pela Figura 4.8 o sistema *Pontos AquaCycle* divide-se nos seguintes pontos principais (Hansgrohe AG, 2011): 1 – Filtro; 2 – Câmaras de pré reciclagem e de reciclagem para o tratamento biológico de duas fases; 3 – Deposição de sedimentos; 4 – Fonte de abastecimento de água alternativo; 5 – Desinfecção por UV; 6 – Câmara de água processada; 7 – Bomba de pressão; 8 – Controlo.

A combinação de tratamento físico e biológico geralmente produz água de elevada qualidade, mas também utiliza uma quantidade significativa de energia, é dispendioso e os custos de manutenção são incertos (*Environment Agency*, 2011). A empresa que comercializa este sistema garante que a qualidade da água cinzenta após tratamento atinge os padrões de águas balneares da Diretiva 76/160/CEE.

Este nível elevado de qualidade da água pode não ser obrigatório se o uso da água cinzenta tratada for restrito às descargas de autoclismos de uma propriedade individual. Mas em situações em que a água cinzenta é tratada para ter uma elevada qualidade, existe potencial de utilização em usos como a lavagem de veículos.

4.7 Acessórios, Tubagens, Reservatórios e Bombas

Alguns materiais presentes na água cinzenta, como cabelos, podem causar falhas operacionais. As tubagens e os acessórios que estejam em contacto com a água cinzenta por tratar têm que ser dimensionados de modo a que não existam arestas vivas ou outras armadilhas nas quais o cabelo, por exemplo, possa depositar-se (fbr, 2005). Todos os equipamentos mecânicos, como as bombas, as válvulas automáticas, filtros e outras unidades têm que ser facilmente acessíveis e amovíveis de modo a facilitar a reparação, a manutenção e a limpeza dos mesmos (fbr, 2005 e ANQIP, 2011a).

Os reservatórios têm como principal função a compensação do desfasamento entre a afluência de água cinzenta e o seu consumo, podendo também ter influência sobre a qualidade da água tratada. O seu volume depende dos hábitos dos utilizadores, do tipo de edifício e do tempo de processamento.

Como habitualmente existe estabilidade entre a produção e as necessidades de águas cinzentas, o volume de reserva anterior e posterior ao tratamento não deve ser superior ao consumo médio diário. Os reservatórios devem ser opacos e devem estar protegidos das radiações solares, de modo a evitar o crescimento de algas, e devem, juntamente com as condutas de águas cinzentas, evitar a libertação de odores, sendo ventilados separadamente das restantes zonas do edifício.

Os dispositivos de *overflow* (descargas de superfície) devem possuir um sifão, um dispositivo antirretorno e devem estar protegidos da entrada de pequenos animais.

4.8 Medidas de Inspeção e de Manutenção dos SPRAC

O instalador do SPRAC deve fornecer telas finais do sistema, assim como o Plano de Manutenção e os boletins relativos às análises efetuadas no período de arranque do sistema (ANQIP, 2011a).

Todas as inspeções devem ser efetuadas em concordância com as instruções do fabricante e do instalador. Deve ser feita uma análise à turvação e ao odor da água, para além da verificação dos componentes do sistema e do seu funcionamento global.

A inspeção deve ser efetuada facilmente e rapidamente sem custos apreciáveis (fbr, 2005).

A manutenção do SPRAC depende da vontade do utilizador e deve cumprir os prazos definidos pelos fabricantes, de modo a que se verifique o bom funcionamento do sistema, o aumento da vida útil e a eficiência energética (Rossa, 2006 e ANQIP, 2011a). Assim, a instalação da rede deverá possibilitar (Rossa, 2006):

- A fiscalização periódica;
- Limpeza acessível;
- Substituição de filtros com utilização de luvas;
- Processo manual de substituição;
- Sinal de aviso em caso de problemas com o sistema;
- Tratamento adequado do reservatório, quando aplicável;
- Impedimento de contacto direto com água potável;
- Impedimento do transbordo de água cinzenta em quaisquer pontos da rede;
- Tempo de armazenamento consoante o tipo de tratamento.

4.9 Sistemas Integrados de Águas Cinzentas e de Águas Pluviais

Os sistemas integrados utilizam águas cinzentas e águas pluviais tratadas. Estes sistemas podem ser usados nos casos em que uma das fontes de água não potável é insuficiente para suprir as necessidades dos seus usos. Só se devem considerar sistemas integrados se, após o cálculo dos sistemas separados, nenhum for suficiente para fornecer as necessidades por si só (*Environment Agency*, 2011).

Estes sistemas podem representar uma solução promissora que tem como principais vantagens a economia de escala, a diminuição das cargas poluentes e, para além das descargas em autoclismos, a possibilidade da utilização da água tratada para rega, lavagens exteriores e de automóveis, entre outros usos, possivelmente sem recurso a água da rede pública de abastecimento (Neves *et al.*, 2006).

Os sistemas integrados necessitam de planeamento metódico antes da sua instalação, de modo a evitar complicações. No mínimo deve considerar-se o seguinte (*Environment Agency*, 2011):

- Ambos os sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reutilização de águas cinzentas devem estar de acordo com o disposto nas especificações nacionais. Em Portugal, devem estar de acordo com as Especificações Técnicas ANQIP 0701, 0702, 0905 e 0906;
- A capacidade de armazenamento requer cálculos detalhados e o rácio das necessidades de água cinzenta e de água pluvial deve ser determinado;
- A qualidade da água continua a ter que estar de acordo ou ser superior com o disposto nos Decretos-Lei já referenciados;
- As descargas de superfície (*overflow*) de um sistema integrado devem ser descarregadas no esgoto doméstico, desde o ponto em que a água cinzenta foi introduzida, pois apenas as águas superficiais podem ser descarregadas nos cursos de água, esgotos de água pluvial ou esgotos de águas superficiais.

Por si só, o *overflow* de um SAAP pode ser descarregado no esgoto de águas superficiais. Contudo, num sistema integrado os *overflows* das duas fontes de água não potável estarão misturados no mesmo reservatório. O que significa que a água não terá qualidade para ser descarregada no esgoto de água superficial.

Um exemplo de sucesso da instalação de um sistema integrado de águas cinzentas/águas pluviais pode encontrar-se na Alemanha. Em Aachen, a *Decren Water Consultants*, instalou um sistema combinado numa habitação local. No exterior colocou-se um reservatório para recolher a água cinzenta proveniente da habitação, sendo posteriormente filtrada e recebendo oxigénio. A água cinzenta tratada alimentava um outro reservatório juntamente com água pluvial recolhida e era usada para descargas sanitárias e para lavagem de roupas.

5. Caso de Estudo

O presente estudo irá contemplar a viabilidade da instalação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e sistemas de reutilização de águas cinzentas em habitações unifamiliares e em habitações multifamiliares, em separado, em Almada, e na Escola Secundária Augusto César da Silva Ferreira, em Rio Maior. O estudo será efetuado tendo em conta a utilização de dispositivos eficientes do ponto de vista hídrico e uma permanência média na habitação e na escola de 330 dias/ano.

O edifício unifamiliar escolhido para o estudo tem dois pisos e uma área útil de 102 m², correspondente à superfície da cobertura. O material da cobertura são telhas cerâmicas que apresentam um coeficiente de escoamento de 0,80. O jardim apresenta uma zona relvada com área de 90m², sendo a restante área pavimentada. O agregado familiar é composto por quatro pessoas, que possuem um veículo.

Considerou-se um edifício multifamiliar com três pisos habitáveis, com dois apartamentos por piso, de tipologias T3 e T4. A cobertura do edifício também é de telhas cerâmicas, o que representa um coeficiente de escoamento de 0,80 e apresenta uma superfície de recolha com um total de 260 m². Cada apartamento tem quatro habitantes, o que totaliza 24 habitantes no edifício.

A escola secundária apresenta uma área total de terreno de 16.500 m², dos quais, 5.000 m² são jardins. A área total das coberturas dos edifícios é de 8.000 m² e o universo de utentes é de cerca 1000. Na fase de projeto, considerou-se a necessidade de rega em quatro meses (junho, julho, agosto e setembro), podendo a rega ser efetuada de dois modos, por aspersão, ou por sistema gota a gota. Relativamente a aparelhos sanitários a escola apresenta 125 lavatórios, 90 sanitas, 45 urinóis, 35 chuveiros, 15 lava-louças e 15 máquinas de lavar louça. Os dispositivos instalados são eficientes do ponto de vista hídrico.

5.1 Uso de Dispositivos Eficientes

A substituição dos dispositivos obsoletos por dispositivos com eficiência hídrica surge como uma das principais medidas para reduzir o consumo de água no uso doméstico.

A certificação hídrica dos dispositivos surge pela disponibilização de rotulagem. Em Portugal, a ANQIP executou esta medida, lançando um sistema voluntário de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos (Silva-Afonso, 2008).

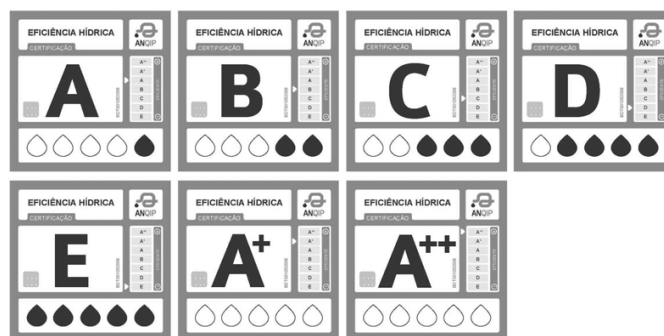


Figura 5.1 - Rótulos de eficiência hídrica adotados em Portugal

Fonte: Silva-Afonso, 2008

Para esta análise de consumos, só foram considerados os valores dos consumos dos dispositivos que contribuem para a quantidade de águas cinzentas e/ou são passíveis de substituição por águas de qualidade inferior.

5.1.1 Autoclismos

Como já foi visto no QUADRO 2.2, as descargas de autoclismos representam entre 27% e 31% dos consumos médios diários domésticos. Segundo o PNUEA (2001), cada habitante utiliza o autoclismo entre 4 a 6 vezes por dia, sendo que em cerca de 70% das utilizações, não seria necessária a mesma quantidade água pois não há presença de matéria fecal.

A solução que se mostra mais eficiente é a substituição dos autoclismos convencionais por autoclismos de dupla descarga, hoje em dia muito comuns no mercado. Esta mudança levaria a poupanças significativas do ponto de vista hídrico. Contudo, com a alteração de hábitos dos utilizadores dos autoclismos já seria possível obter reduções de consumo expressivas, sem ser necessário fazer qualquer investimento (Almeida *et al.*, 2006).

No entanto, a Norma Europeia EN 12056-2 não autoriza a utilização de autoclismos de 4 litros (ou menores) em redes prediais que tenham sido dimensionadas consoante o chamado Sistema I da Norma, que é o sistema habitual em Portugal. Assim, é necessário apurar se o volume da descarga de autoclismos é compatível com as características da bacia de retrete. A ANQIP estabeleceu para os autoclismos com volumes pequenos os rótulos A++, A+ e, em alguns casos A, desde que seja indicado no rótulo um aviso relativo à exigência de performance do conjunto e ao correto dimensionamento da rede de drenagem. A certificação de eficiência hídrica ANQIP supõe que foi cumprida a normalização vigente em relação à performance do conjunto (bacia de retrete-autoclismo) (Silva-Afonso, 2009).

A rotulagem de certificação hídrica de autoclismos fornecida pela ANQIP está definida na ETA 0804 (ANQIP, 2008). No QUADRO 5.1 apresentam-se as categorias definidas pela ETA 0804 para autoclismos de dupla descarga, onde a maior eficiência corresponde à letra A e a menor à letra C.

QUADRO 5.1 - Condições de atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a autoclismos de dupla descarga e completa

Volume nominal	Tipo de descarga	Categoria de eficiência hídrica	Tolerância (volume máximo – descarga completa)	Tolerância (volume mínimo de descarga)
4,0l	Dupla	A ++	4,0 – 4,5	2,0 – 3,0
5,0l	Dupla	A +	4,5 – 5,5	3,0 – 4,0
6,0l	Dupla	A	6,0 – 6,5	3,0 – 4,0
7,0l	Dupla	B	7,0 – 7,5	3,0 – 4,0
9,0l	Dupla	C	8,5 – 9,0	3,0 – 4,5
9,0l	Completa	E	8,5 – 9,0	-

Fonte: ANQIP, 2008

Para o presente estudo considerou-se, para o caso com dispositivos de eficiência hídrica, um autoclismo com eficiência A (consumo de 6 litros e de 3 litros), e para o caso com dispositivos convencionais, um autoclismo com eficiência E (consumo de 9 litros), que é o dispositivo que a maioria das habitações portuguesas apresenta. Segundo Neves (2003), a utilização média dos autoclismos numa habitação é de cerca de 5 vezes por pessoa, das quais 1 vez é após a defecação e 4 vezes são após a micção. Assim, 4 vezes é utilizada a descarga de 3 litros e uma vez a descarga de 6 litros, o que totaliza 18 litros no caso do dispositivo de eficiência hídrica A. A poupança, quando comparado com o autoclismo de 9 litros, é de 60% do consumo, representando 8,9 m³ ao fim de um ano para um indivíduo e 213,6 m³/ano para o edifício multifamiliar com 24 habitantes (QUADRO 5.2). O preço unitário deste dispositivo eficiente no mercado é de 39,95€.

QUADRO 5.2 - Poupança com a utilização de autoclismos eficiente de classe A

Nº de pessoas	Consumo diário com dispositivo não eficiente (9 litros) (l)	Consumo diário com dispositivo eficiente classe A (6 e 3 litros) (l)	Poupança de água	Poupança anual (m ³)
1	45	18	60%	8,9
4	180	72	60%	35,6
24	1080	432	60%	213,6

5.1.2 Chuveiros

A utilização de chuveiros, ou banheiras, representa entre 32% e 37% dos consumos médios diários numa habitação (QUADRO 2.2). Ao serem adotadas medidas em prol da redução do volume gasto em cada utilização, as poupanças podem atingir valores consideráveis.

Como a utilização de chuveiros varia consideravelmente consoante o utilizador, a quantificação da duração e do consumo torna-se difícil. Para o presente estudo considerou-se um chuveiro convencional com caudal de 15 l/min, o que para um duche de 5 minutos, equivale a um consumo diário de 75 l/pessoa/dia, valor superior em 23 litros ao valor médio do consumo referido no QUADRO 2.2.

Hoje em dia encontram-se disponíveis dispositivos capazes de reduzir o consumo de água consideravelmente, como redutores de caudal (Almeida *et al.*, 2006). No exemplo que se segue, foi aplicado um redutor de caudal a um chuveiro convencional com caudal de 15 l/min, diminuindo o caudal para 9 l/min. Esta mudança gerou uma poupança de água de 40%, o que equivale a uma poupança anual de 9,9 m³ de água por ano, por indivíduo, e 237,6 m³ para o edifício multifamiliar com 24 habitantes (QUADRO 5.3).

Ao ser adotado um chuveiro com eficiência hídrica de classe A que, segundo a ETA 0806 (ANQIP, 2009b), tem um caudal entre os 5 l/min e os 7,2 l/min, o caudal diminui de 15 l/min para 6 l/min, neste caso. Assim, as poupanças de água ascendem aos 60%, que representam uma poupança anual por habitante de 14,8 m³, o que equivale a uma poupança de 355,2 m³/ano para o edifício multifamiliar (QUADRO 5.4).

Para os chuveiros com caudal igual ou inferior a 7,2 l/min, a ETA 0806, preconiza a utilização com torneiras termostáticas, evitando o risco de escaldão. De acordo com a ANQIP (2009b), as torneiras das banheiras não devem ser classificadas, pois o consumo de água quente está relacionado com o volume da banheira e não com o caudal do dispositivo. O preço de um chuveiro com um caudal de 6l/min é de 23,00€.

QUADRO 5.3 - Poupança de água na utilização de chuveiro convencional com caudal de 9 litros/min, em duche de 5 minutos

Nº de pessoas	Consumo diário com chuveiro convencional 15l/min (l)	Consumo diário com chuveiro convencional 9l/min (l)	Poupança de água	Poupança anual (m ³)
1	75	45	40%	9,9
4	300	180	40%	39,6
24	1800	1080	40%	237,6

QUADRO 5.4 - Poupança de água na utilização de chuveiro com eficiência hídrica classe A com caudal de 6 litros/min, em duche de 5 minutos

Nº de pessoas	Consumo diário com chuveiro convencional 15l/min (l)	Consumo diário com chuveiro eficiente classe A 6l/min (l)	Poupança de água	Poupança anual (m ³)
1	75	30	60%	14,8
4	300	120	60%	59,4
24	1800	720	60%	355,2

5.1.3 Torneiras de Casa de Banho

Assim como os chuveiros, os usos das torneiras são difíceis de quantificar, pois a frequência de uso e a sua duração apresentam uma grande variação que depende de padrões comportamentais.

Segundo Arpke e Hutzler (2005), a utilização média diária é cerca de 2,5 minutos para as torneiras de lavatório e de bidé. As torneiras convencionais apresentam um caudal médio de 12 l/min (Almeida *et al.*, 2006), a sua substituição por uma torneira com classe de eficiência hídrica A e caudal de 3 l/min (ANQIP, 2010), corresponde a uma poupança de água de 75%, o que

equivale a uma poupança de 7,4 m³ anuais por habitante (QUADRO 5.5). O preço de um torneira eficiente é de 29,50€.

QUADRO 5.5 - Poupança de água na utilização de torneira de lavatório com classe de eficiência hídrica classe A

Nº de pessoas	Consumo diário de torneira convencional 12 litros (l)	Consumo diário de torneira eficiente classe A 3 litros (l)	Poupança de água	Poupança anual (m ³)
1	30	7,5	75%	7,4
4	120	30	75%	29,7
24	720	180	75%	177,6

5.1.4 Máquina de Lavar Roupa

As máquinas de lavar roupa (MLR) são eletrodomésticos que se encontram difundidos por todo o território nacional. O seu consumo tem diminuído significativamente ao longo dos anos, sendo os equipamentos atuais cada vez mais eficientes e com menores consumos de água. Os consumos de água oscilam entre os 35 litros e os 220 litros por lavagem, para uma capacidade de carga de 5 kg de roupa em algodão, podendo admitir-se um valor médio de 90 litros por lavagem. Os equipamentos considerados eficientes apresentam consumos inferiores a 50 litros por lavagem (Almeida *et al.*, 2006). Como já foi referido no QUADRO 2.2 o consumo médio de água das máquinas de lavar roupa é de 9% do total do consumo doméstico.

Considerou-se para o presente estudo, uma máquina de lavar roupa com consumo médio por lavagem de 90 litros e uma máquina eficiente com consumo de 50 litros por lavagem. Admitiu-se uma frequência média de lavagens de 0,3 ciclos/habitante por dia (Arpke e Hutzler, 2005). Assim, a poupança alcançada pela substituição para um modelo eficiente ascende aos 44%, o que significa uma poupança de água de 3,9 m³ anuais por habitante (QUADRO 5.6). O preço de uma máquina de lavar roupa eficiente é de 390,00€.

Apesar de o uso de águas pluviais para máquinas de lavar roupa ainda não ter sido aprovado em Portugal optou-se por considerar o seu aproveitamento, para obter um panorama para casos futuros.

QUADRO 5.6 - Poupança associada à utilização de máquina de lavar roupa eficiente

Nº de pessoas	Frequência de utilização	Consumo diário de MLR convencional 90 litros (l)	Consumo diário de MLR eficiente 50 litros (l)	Poupança de água	Poupança anual (m ³)
1	0,33	27	15	44%	3,9
4	0,33	108	60	44%	15,8
24	0,33	648	360	44%	93,6

5.1.5 Torneiras de Serviço e Rega

As torneiras de serviço servem para rega de plantas, lavagem de veículos e pavimentos. A quantificação do seu consumo é complicada pois não existe um valor certo e depende de diversos fatores como a estação do ano, o tipo de plantas, o número de veículos, entre outros. Como já foi verificado pelo QUADRO 2.2, considera-se para o valor do consumo doméstico exterior 20 l/pessoa/dia.

No caso da escola, a rega por aspersão apresenta um consumo de 5 l/m²/dia e a rega com sistema gota a gota apresenta um consumo de 1,5 l/m²/dia.

5.1.6 Quadro-Resumo

O QUADRO 5.7 e o QUADRO 5.8 mostram o resumo do estudo efetuado, e uma estimativa dos consumos para uma habitação unifamiliar com quatro elementos e um edifício de apartamentos com 24 habitantes, em Almada, assim como as poupanças de água que se conseguirão atingir com a utilização de equipamentos eficientes do ponto de vista hídrico.

QUADRO 5.7 - Quadro-resumo da poupança de uma habitação unifamiliar com recurso a dispositivos eficientes

Habituação Unifamiliar – 4 elementos	Consumo com dispositivos convencionais			Poupança de água	Consumo com dispositivos eficientes		
	Consumo l/hab/dia	Consumo m ³ /hab/ano	Consumo m ³ /ano		Consumo l/hab/dia	Consumo m ³ /hab/ano	Consumo m ³ /ano
Autoclismo	45	14,9	59,4	60 %	18	5,9	23,8
Chuveiro	75	24,8	99	60 %	30	9,9	39,6
Torneiras de casa de banho	30	9,9	39,6	75 %	7,5	2,5	9,9
Máquina lavar roupa	27	8,9	35,6	44 %	15	4,9	19,8
Perdas	7	2,3	9,2	-	-	-	-
Exterior	20	6,6	26,4	-	20	6,6	26,4
TOTAL	204	67,3	269,3	-	90,5	29,9	119,5
Poupança TOTAL				56 %			

QUADRO 5.8 - Quadro-resumo da poupança de uma habitação multifamiliar com recurso a dispositivos eficientes

Habituação Multifamiliar – 24 elementos	Consumo com dispositivos convencionais			Poupança de água	Consumo com dispositivos eficientes		
	Consumo l/hab/dia	Consumo m ³ /hab/ano	Consumo m ³ /ano		Consumo l/hab/dia	Consumo m ³ /hab/ano	Consumo m ³ /ano
Autoclismo	45	14,9	357,6	60 %	18	5,9	142,6
Chuveiro	75	24,8	595,2	60 %	30	9,9	237,6
Torneiras de casa de banho	30	9,9	237,6	75 %	7,5	2,5	59,4
Máquina lavar roupa	27	8,9	213,6	44 %	15	5,0	118,8
Perdas	7	2,3	55,2	-	-	-	-
TOTAL	184	60,8	1459,2	-	70,5	23,3	558,4
Poupança TOTAL				62 %			

Como pode verificar-se pelo QUADRO 5.7 e pelo QUADRO 5.8, a mudança para dispositivos eficientes representa uma poupança de água potável de 56%, para uma habitação unifamiliar e uma poupança de 62% no caso de uma habitação multifamiliar. A discrepância entre valores deve-se à contabilização dos consumos exteriores para as habitações unifamiliares e à não consideração de dispositivos eficientes para este fim, continuando os 20 l/habitante/dia no consumo médio diário.

Os consumos efetuados na escola secundária apresentam-se no QUADRO 5.9.

QUADRO 5.9 - Quadro-resumo dos consumos na Escola Secundária de Rio Maior

Escola Sec. Rio Maior	Consumo com rega por aspersão			Consumo com rega por sistema gota a gota		
	Consumo l/dia	Consumo m³/dia	Consumo m³/ano	Consumo l/dia	Consumo m³/dia	Consumo m³/ano
Dispositivos						
Autoclismos	6000	6	1188	6000	6	1188
Chuveiros	9000	9	1782	9000	9	1782
Torneiras de casa de banho	1500	1,5	297	1500	1,5	297
Urinóis	2000	2	396	2000	2	396
Rega	25000	25	2750	7500	7,5	825
TOTAL	43500	43,5	6413	26000	26	4488

Para o cálculo do consumo de água dos chuveiros, considerou-se que num universo de 1.000 alunos, que têm aula de Educação Física duas vezes por semana, cerca de 75% tomam duche, o que totaliza 300 duchas por dia com duração de 5 minutos cada um.

5.2 Aproveitamento de Águas Pluviais

Novamente pela análise do QUADRO 2.2 pode chegar-se à conclusão que, para uma habitação unifamiliar o total de usos de água potável passíveis de serem substituídos por água com qualidade inferior, neste caso água pluvial, ascende aos 48%, valor que representa as descargas de autoclismos (27%), os usos exteriores (13%) e a máquina de lavar roupa (8%). Para o caso de uma habitação multifamiliar, a substituição de água potável por água pluvial é possível para 35% dos consumos (Figura 5.2).

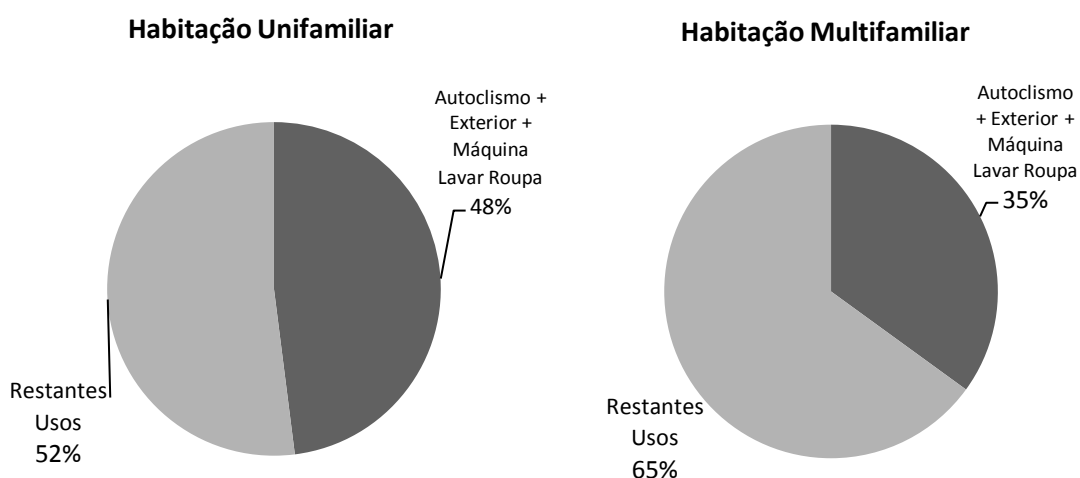


Figura 5.2 - Distribuição dos consumos domésticos passíveis de serem substituídos por água pluvial

5.3 Dados de Base da Precipitação

A caracterização da pluviosidade em Portugal foi efetuada no subcapítulo 2.5.8. Como o presente estudo foi elaborado para uma habitação em Almada, os dados de base de precipitação utilizados serão os provenientes da estação meteorológica de Monte da Caparica, no Concelho de Almada, que remontam a 1 de maio de 1985. Estes dados foram recolhidos da página do SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos).

A precipitação média acumulada anual registada na estação de Monte da Caparica foi de 647 mm.

Os dados a utilizar no estudo da Escola Secundária são provenientes da estação meteorológica de Asseiceira e remontam a 1 de outubro de 1979.

5.4 Cálculo do Volume do Reservatório

No caso da habitação unifamiliar em estudo, com 4 habitantes, e recorrendo ao QUADRO 5.7, verifica-se que o total de volume pode ser substituído por água pluvial, com recurso a dispositivos convencionais, é de 92 litros/hab/dia (45 litros correspondem às descargas de autoclismos, 27 litros devem-se à máquina de lavar roupa e 20 litros para os usos exteriores). Este valor corresponde a 11 m³ mensais, ou seja, um reservatório com este valor seria suficiente para atingir a autonomia durante um mês. Se forem utilizados dispositivos eficientes, a quantidade de água consumida nos dispositivos é de 53 litros/hab/dia (18 litros de autoclismos, 15 litros para a máquina de lavar e 20 litros para usos no exterior), o que significa que um reservatório com 7 m³ seria necessário para garantir a autonomia da rede durante um mês.

Considerando a habitação multifamiliar com 24 elementos, e no caso de serem utilizados dispositivos convencionais, o consumo diário passível de ser substituído é de 72 litros/hab/dia (45 litros das descargas de autoclismos e 27 litros da máquina de lavar roupa), o que corresponde a um volume mensal de 52 m³, significando que um reservatório com esta capacidade seria suficiente para autonomia de um mês da rede de abastecimento público. Por outro lado, se for considerada a utilização de dispositivos eficientes, o consumo será de 33 litros/hab/dia, ou seja, um reservatório com 24 m³ seria suficiente para a autonomia de um mês da rede pública. Contudo, como estes valores não foram calculados considerando a precipitação da zona, seguem-se vários métodos de cálculo do volume do reservatório que a consideram. No caso de se esgotar a água contida no reservatório é efetuado o *by-pass* automático para a água potável da rede pública de abastecimento.

Para a escola, consideraram-se cinco casos diferentes para utilizar a água pluvial: rega por aspersão e autoclismos, rega com sistema gota a gota e autoclismos, apenas autoclismos, só rega por aspersão e só rega por sistema gota a gota. Neste caso, os consumos passíveis de serem substituídos por água pluvial são, respetivamente: 33 m³/dia, 15,5 m³/dia, 8 m³/dia, 25 m³/dia e 7,5 m³/dia.

5.4.1 Método de Rippl

Foi utilizada uma série de precipitações diária começando em 1 de outubro de 1985 e terminando em 30 de setembro de 2011. Para a eficiência do sistema tomou-se o valor de 0,90.

Para a habitação unifamiliar, o consumo passível de ser substituído por água pluvial é de 92 l/hab/dia, ou seja, 0,37 m³/dia para o agregado de 4 pessoas, que correspondem a descargas de autoclismos, usos exteriores e à máquina de lavar roupa, sendo estes dispositivos convencionais. Quando se substituem os equipamentos convencionais por dispositivos eficientes, o volume de água potável que se pode substituir por água pluvial é de 53 l/hab/dia, ou 0,21 m³/dia.

Para a habitação multifamiliar, o valor do consumo de água que pode ser substituído com dispositivos convencionais é de 72 l/hab/dia, ou seja, 1,73 m³/dia para os 24 habitantes, correspondendo a descargas de autoclismos e à máquina de lavar roupa. Recorrendo a dispositivos eficientes, o volume de água potável que pode ser substituído por água pluvial é de 33 l/hab/dia, ou 0,80 m³/dia.

QUADRO 5.10 - Volumes dos reservatórios de habitação unifamiliar e habitação multifamiliar

Volume do Reservatório	Habitação Unifamiliar	Habitação Multifamiliar
Com dispositivos convencionais	81m ³	497m ³
Com dispositivos Eficientes	45m ³	175m ³
Variação do Volume do Reservatório	44%	65%

Como se pode verificar pela análise do QUADRO 5.10, e como já tinha sido referido anteriormente (subcapítulo 3.5.3.1), os volumes dos reservatórios de armazenamento são uma

sobre estimativa, um valor extremo máximo, do valor real do volume do reservatório. A utilização de dispositivos eficientes do ponto de vista hídrico, em vez de dispositivos convencionais provoca uma variação do volume de 44% no caso de uma habitação unifamiliar, e uma variação de 65% para uma habitação multifamiliar com 24 habitantes. Assim, no caso da habitação unifamiliar, a variação do consumo de 0,16 m³/dia levou a uma diminuição da capacidade do reservatório de 81 m³ para 45 m³, ou seja uma diferença de 36 m³. Para a habitação multifamiliar, uma variação de consumo com dispositivos eficientes inferior em 0,93 m³/dia ao consumo com dispositivos convencionais, leva a uma diminuição da capacidade do reservatório de 497 m³ para 175 m³, o que representa uma diferença de 322 m³. Estas discrepâncias no valor da capacidade do reservatório realçam a importância da utilização de dispositivos eficientes no interior do edifício, em todos os casos, uma vez que o reservatório de armazenamento é o equipamento mais dispendioso de todo o SAAP e geram uma poupança significativa no consumo de água, do ponto de vista económico e ambiental.

Para a habitação multifamiliar o consumo é maior, existindo também uma área de captação superior à área de captação da habitação unifamiliar, de 260 m², o que aumenta o volume de água pluvial recolhida e armazenada. Nas habitações multifamiliares, não se considera o consumo das torneiras exteriores (rega, lavagem de pavimentos e lavagem de veículos), o que representa um valor significativo no caso das habitações unifamiliares, principalmente porque não foram considerados dispositivos eficientes para esta atividade. Assim, está justificada a diferença na variação do volume do reservatório entre as diferentes habitações, sendo a variação para a habitação multifamiliar significativamente superior (65% em vez de 44%).

Estudou-se também a influência da utilização de uma série de precipitações mensal. Ao ser utilizada uma série de precipitação diária, este método fornece a quantidade de água aproveitável por dia e ao excesso de água que fica no reservatório nesse dia ou a necessidade de água da rede de abastecimento público. Ao ser analisada uma série de precipitação mensal, o método fornece o volume de água no reservatório em excesso nesse mês ou o volume de água potável necessário nesse mês para suprir o consumo. Contudo, os dias em que tal acontece ficam incógnitos, assim como no caso de utilização de precipitações diárias não se sabem as horas em que falta ou há excesso de água no reservatório. Assim, quanto menor for o intervalo da série utilizada, melhores e mais precisos serão os resultados do volume de água pluvial aproveitável. Os valores do volume do reservatório de armazenamento quando calculados com série de precipitação mensal deram extremamente elevados, atingindo os milhares de m³ (QUADRO 5.11).

QUADRO 5.11 - Influência no valor do volume da utilização de série de precipitação mensal

Volume do Reservatório	Habitação Unifamiliar		Habitação Multifamiliar	
	Série Diária	Série Mensal	Série Diária	Série Mensal
Volume com dispositivos convencionais	81m ³	275m ³	497m ³	6586m ³
Variação do Volume		71%		92%
Volume com dispositivos eficientes	45m ³	90m ³	175m ³	524m ³
Variação do Volume		50%		67%

Pela análise do QUADRO 5.11 verifica-se que os maiores valores produzidos ocorreram nos casos de maior consumo, ou seja, na habitação multifamiliar com 24 elementos e com utilização de dispositivos convencionais (6.586 m³). Este valor dá-se pois a variação das diferenças acumuladas diárias é obviamente menor do que a variação das diferenças acumuladas mensais. O Método de Rippl calcula o volume do reservatório pela máxima diferença acumulada, ou seja, vai somando as diferenças entre consumo e volume aproveitável até que haja uma diferença negativa. Aí, o volume de água no reservatório para esse dia ou mês é excedentário e dá-se a interrupção da soma. Deste modo, é consideravelmente mais provável que haja uma diferença negativa e, logo, interrupção na soma numa análise diária do que numa análise mensal. Assim, os valores de volumes aproveitáveis serão superiores, este facto é exacerbado pelo número de habitantes no edifício, que aumenta o consumo. Conclui-se que quanto maior o consumo de água mais sentido fará a análise com recurso a séries de precipitação diária.

5.4.2 Método Simplificado Alemão

Este método empírico já explicado no subcapítulo 3.5.3.2 tem por base a seguinte expressão:

$$V_{\text{Reservatório}} = \text{mínimo} [V; C] \times 0,06 \quad 5.1$$

Onde,

$V_{\text{Reservatório}}$ – Volume calculado do reservatório (m^3);

V – Volume anual de precipitação aproveitável (l);

C – Consumo anual de água não potável (l).

Calcularam-se os volumes dos reservatórios de armazenamento para uma habitação unifamiliar e uma habitação multifamiliar, com dispositivos convencionais e com dispositivos eficientes do ponto de vista hídrico. Os consumos de água mantiveram-se inalterados.

QUADRO 5.12 - Volume do reservatório de armazenamento pelo Método Simplificado Alemão

	Habitação Unifamiliar			Habitação Multifamiliar		
	Volume anual de precipitação aproveitável	Consumo anual	Volume reservatório	Volume anual de precipitação aproveitável	Consumo anual	Volume reservatório
Volume com dispositivos convencionais	52,8 m^3	135 m^3	3,5 m^3	135 m^3	631,5 m^3	8 m^3
Volume com dispositivos eficientes		77 m^3	3,5 m^3		292 m^3	8 m^3

Pela análise do QUADRO 5.12 nota-se que apesar de o consumo anual ser diferente consoante a utilização de dispositivos convencionais, essa mudança não afeta o volume do reservatório. Isto deve-se ao facto de a expressão de cálculo do reservatório depender do menor valor entre consumo anual e volume aproveitável. Nos quatro casos presentes o volume aproveitável de precipitação foi sempre menor, sendo então este o valor que determina o valor do reservatório.

5.4.3 Método Simplificado Espanhol

O Método Simplificado Espanhol foi já estudado no subcapítulo 3.5.3.3 e baseia-se na seguinte expressão:

$$V_u = [(V_a + C_e)/2] \times (30/365) \quad 5.2$$

Onde,

V_u – Volume útil (l);

V_a – Volume anual aproveitável (l);

C_e – Consumos anuais estimados (l).

QUADRO 5.13 - Volume do reservatório de armazenamento pelo Método Simplificado Espanhol

	Habitação Unifamiliar			Habitação Multifamiliar		
	Volume anual de precipitação aproveitável	Consumo anual estimado	Volume reservatório	Volume anual de precipitação aproveitável	Consumo anual estimado	Volume reservatório
Volume com dispositivos convencionais	52,8 m^3	135 m^3	8 m^3	135 m^3	631,5 m^3	31 m^3
Volume com dispositivos eficientes		77 m^3	6 m^3		292 m^3	18 m^3

Como se pode verificar pelo QUADRO 5.13 os valores de volume apresentados são superiores aos valores calculados pelo Método Simplificado Alemão. Isto acontece pois este método

considera a média entre o consumo de água e o volume aproveitável, não sendo nenhum valor ignorado.

5.4.4 Método Prático Inglês

Este método empírico foi explicado no subcapítulo 3.5.3.4 e o volume do reservatório calcula-se pela seguinte expressão:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad 5.3$$

Onde,

V – Volume de água aproveitável e o volume de água no reservatório (l);

P – Precipitação média anual (mm);

A – Superfície de recolha em projeção (m²).

Neste caso, o tipo de consumo é irrelevante para o cálculo do volume do reservatório de armazenamento e assim só são contabilizadas a precipitação média anual e a área de captação da cobertura. A precipitação média anual resultou de dados fornecidos pelo SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos).

QUADRO 5.14 - Volume do reservatório de armazenamento pelo Método Prático Inglês

Tipologia da Habitação	Precipitação média anual (mm)	Área de captação (m ²)	Volume do Reservatório (m ³)
Habitação Unifamiliar	647mm	102m ²	4m ³
Habitação Multifamiliar		260m ²	8m ³

Pela análise do QUADRO 5.14 verifica-se que os valores calculados de volume do reservatório de armazenamento são iguais aos valores calculados pelo Método Simplificado Alemão. Em ambos os métodos não foi considerado o consumo das habitações, tendo sido consideradas a precipitação anual e a área de recolha.

5.4.5 Método Prático Brasileiro

O Método Prático Brasileiro foi examinado no subcapítulo 3.5.3.5 e, como se pode verificar pela expressão que se segue, não foi elaborado para as condições climáticas mediterrâneas temperadas portuguesas, pois transmite muito peso ao número de meses em que não existe precipitação ou existe pouca, o que conduz a valores elevados para o volume do reservatório.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad 3.6$$

Onde,

V – Volume de água aproveitável e volume de água do reservatório (l);

P – Precipitação média anual (mm);

A – Área de recolha em projeção (m²);

T – Número de meses de pouca chuva ou de seca.

O número de meses com pouca chuva ou secos determina-se através de um gráfico termopluviométrico da região em estudo, pelos meses nos quais o valor da precipitação é inferior ou igual ao dobro da temperatura. Assim, para Lisboa surgem os meses de junho, julho, agosto e setembro (Figura 5.3).

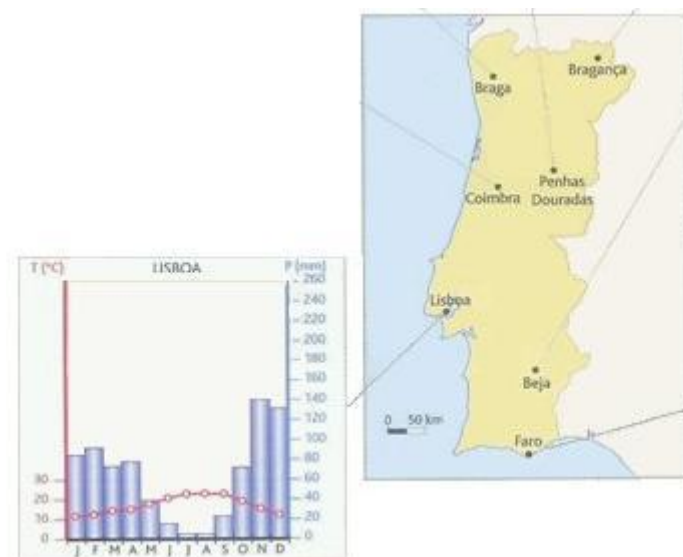


Figura 5.3 - Gráfico termopluviométrico da região de Lisboa

Fonte: Machado, s.d.

QUADRO 5.15 - Volume do reservatório de armazenamento pelo Método Prático Brasileiro

Tipologia da Habitação	Precipitação média anual (mm)	Número de meses com pouca chuva ou secos	Área de captação (m ²)	Volume do Reservatório (m ³)
Habitação Unifamiliar	647mm	4 Meses	102m ²	12m ³
Habitação Multifamiliar			260m ²	29m ³
Habitação Unifamiliar		6 Meses	102m ²	17m ³
Habitação Multifamiliar			260m ²	42m ³

Tal como para o método Prático Inglês, a expressão que conduz ao volume do reservatório de armazenamento ignora os valores de consumo de água (QUADRO 5.15). A comparação entre a consideração de 4 meses ou de 6 meses secos, revela um volume de armazenamento obviamente superior no segundo caso.

5.4.6 Método de Análise de Simulação

Este método foi descrito no subcapítulo 3.5.3.6 e foi calculado com base numa folha de cálculo com os seguintes dados de entrada:

- Precipitação média mensal (mm);
- Consumo de água mensal (m³);
- Área de captação (m²);
- Coeficiente de escoamento;
- Volume arbitrado do reservatório (m³).

Com estes dados, os resultados serão os valores da variação do volume de água no reservatório. Estudou-se o período entre outubro de 1985 e setembro de 2011, contudo só se elaboraram gráficos para os últimos dez anos hidrológicos (de 1 de outubro de 2001 a 30 de setembro de 2011). Os valores dos volumes arbitrados foram os volumes calculados por todos os anteriores métodos para habitações com dispositivos eficientes. Foram considerados os valores de 4 m³, 6 m³, 12 m³, 17 m³, 45 m³ e 90 m³ para a habitação unifamiliar e de 9 m³, 18 m³, 30 m³, 47 m³, 70 m³ e 90 m³ para a habitação multifamiliar. Os cálculos efetuam-se somando ao valor inicial do reservatório (ou seja, o final do mês anterior) a quantidade de água aproveitável e subtraindo o consumo de água (Werneck, 2006). Considerou-se um valor para o volume inicial mínimo de 1 m³, como se tivesse sobrado água no reservatório do mês anterior. Quando o consumo é superior à água disponível no reservatório, ou seja, quando o valor da variação do volume do reservatório dá negativo, o valor permanece nulo, pois a água será consumida da fonte alternativa de abastecimento de água. No caso de o valor da variação de

volume ser superior ao volume reservatório, o valor mantém-se igual ao volume do reservatório pois essa água é excedente (*overflow*).

Pelos valores de variação do volume de cada reservatório é possível desenvolver gráficos que mostram o seu comportamento no período estudado. Segue-se o gráfico para o caso da habitação unifamiliar com um reservatório de 4m^3 calculado pelos Métodos Alemão e Prático Inglês (Figura 5.4).

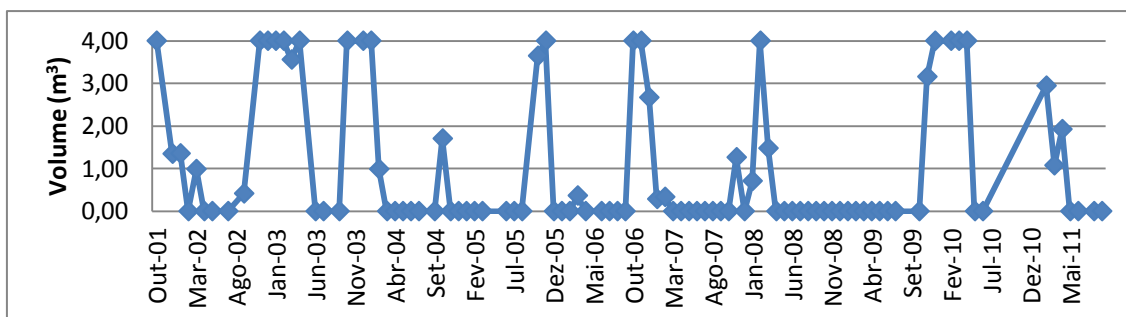


Figura 5.4 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 4m^3 , entre 2001 e 2011, com área de captação de 102m^2

Pela análise da Figura 5.4 nota-se que o reservatório com capacidade de 4m^3 termina cerca de um terço dos meses em estudo com uma quantidade de água considerável. Em todos os anos estudados ocorrem oscilações que levam o reservatório de completamente cheio a completamente vazio. No total, são 61 os meses, entre 97 meses, em que o reservatório termina o mês vazio, sendo necessário recorrer ao abastecimento público. Esta proporção de 61 para 97 equivale a 63%. Ou seja, a sua eficiência é de 37%, o que significa que estando vazio e necessitando de uma fonte alternativa, não permite a poupança de água e não está a ser eficiente.

De qualquer modo, terminar o mês com um valor nulo não significa que esteve vazio ao longo de todo o mês. Assim, é mais vantajoso calcular a variação do volume com dados diários, permitindo maior precisão na análise de desempenho do reservatório.

Em seguida é apresentado o gráfico para o reservatório com volume de 45m^3 , calculado pelo Método de Rippl para uma habitação unifamiliar com dispositivos eficientes.

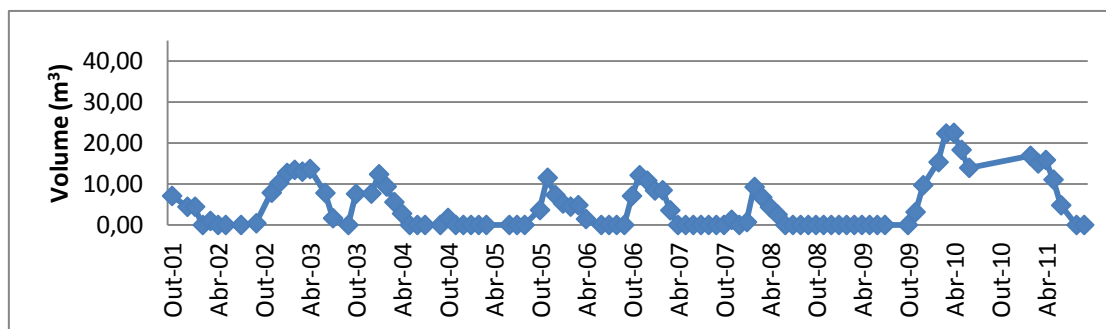


Figura 5.5 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 45m^3 , entre 2011 e 2011, com área de captação de 102m^2

O reservatório de 45m^3 ainda não permite a total independência da fonte alternativa de água. Contudo, como se pode observar, o período desde setembro de 2009 até junho de 2011, é totalmente independente do abastecimento da rede pública, nunca se esgotando o volume de água no reservatório. Em 68 meses de estudo, em 46 há esgotamento da reserva de água pluvial, o que significa uma eficiência de 53%. No QUADRO 5.16 estão apresentados os valores de eficiência para cada método estudado.

QUADRO 5.16 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes para a habitação unifamiliar

Habitação Unifamiliar				
Método	Consumo mensal (m ³)	Volume arbitrado (m ³)	Número de meses sem água	Eficiência
Método Alemão e Inglês	6,3m ³	4m ³	61	37%
Método Espanhol		6m ³	57	41%
Método Brasileiro – 4 meses		12m ³	48	51%
Método Brasileiro – 6 meses		17m ³	47	52%
Método de Rippl – Série Diária		45m ³	46	53%
Método de Rippl – Série Mensal		90m ³	46	53%

Como se verifica pela análise do QUADRO 5.16 os valores que apresentam maior eficiência são os volumes calculados pelo Método de Rippl, podendo notar-se que estes atingem um máximo de eficiência que já não varia com o volume do reservatório. Para o último caso, toda a água pluvial é aproveitada não existindo excedente em nenhum caso. O valor da área de captação (102 m²) está diretamente relacionado com o volume de água aproveitável e, se este fosse superior, aproveitar-se-ia mais água pluvial e o valor de eficiência aumentaria. A construção de reservatórios de tal dimensão não é viável dos pontos de vista económico e espacial.

Em seguida será estudado o caso da habitação multifamiliar, com uma área de captação de 260 m² e um consumo médio mensal de 24 m³/mês com dispositivos eficientes. O gráfico que se apresenta corresponde ao volume arbitrado de 8 m³, que foi calculado pelos Métodos Alemão e Inglês (Figura 5.6).

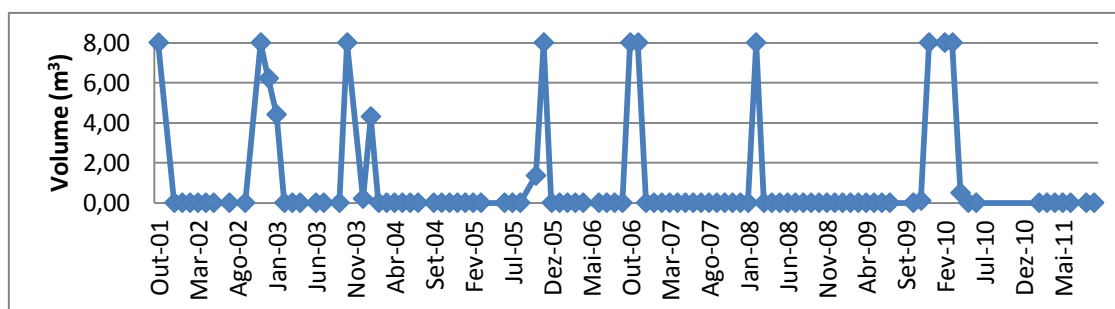


Figura 5.6 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 8m³, entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m²

Pela análise da Figura 5.6 nota-se que, comparando com os valores obtidos para a habitação unifamiliar, existem mais meses em que o reservatório termina vazio. Estes valores devem-se ao aumento do consumo (quatro vezes superior) e à manutenção do valor de precipitação média mensal, que, apesar de a área de captação ter aumentado, não é o suficiente para recolher um volume de água muito superior. Em 97 meses possíveis, 80 são meses em que o reservatório fica vazio, o que equivale a uma eficiência de 18%.

Em seguida é apresentado o gráfico para o reservatório com volume de 70 m³, calculado pelo Método de Rippl, com série de precipitações diária, para uma habitação multifamiliar com dispositivos eficientes (Figura 5.7).

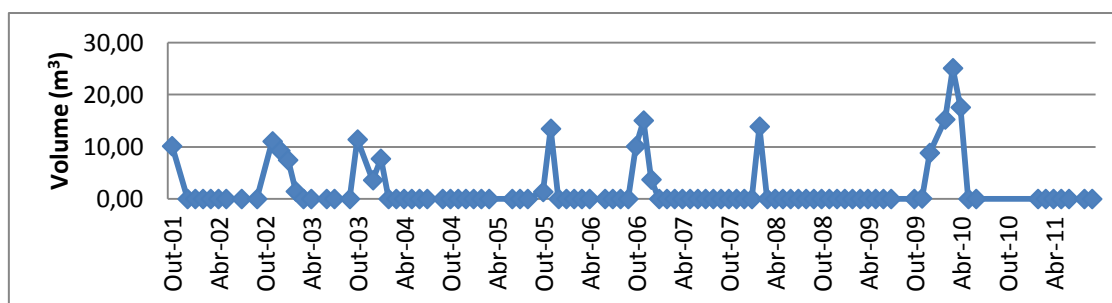


Figura 5.7 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 30m³, entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m²

Como se pode verificar pela Figura 5.7 o máximo valor atingido de água no reservatório é de cerca de 25 m³, apesar de existirem 30 m³ de volume disponíveis, a partir deste valor os valores de eficiência não irão mudar. Assim, conclui-se que não é necessário um volume superior a esta dimensão, o que significa um desperdício de dinheiro e de espaço. Em 97 meses de análise, 78 meses terminam com o reservatório vazio, o que significa uma eficiência de 20%. O facto de o valor de eficiência ser relativamente baixo, quando comparado com os valores para a habitação unifamiliar, deve-se ao elevado consumo (24 m³/mês) e à precipitação ser a mesma para ambas as habitações.

QUADRO 5.17 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, para habitação multifamiliar

Habitação Multifamiliar				
Método	Consumo mensal (m ³)	Volume arbitrado (m ³)	Número de meses sem água	Eficiência
Métodos Inglês e Alemão	24m ³	8m ³	80	18%
Método Espanhol Consumo Mínimo		18m ³	78	20%
Métodos Brasileiro 4 meses e Espanhol Consumo Máximo		30m ³	78	20%
Método Brasileiro 6 meses		42m ³	78	20%
Método de Rippl		175m ³	78	20%
Método de Rippl		497m ³	78	20%

Como se pode verificar pelo estudo do QUADRO 5.17 o valor de eficiência estagna para um reservatório de 18 m³ (20%), apesar de continuar a ser aproveitada água até aos 25 m³. Este valor de eficiência baixo deve-se ao elevado consumo (24m³/dia) e à pouca pluviosidade que se registou no período estudado.

5.4.7 Cálculo do Volume do Reservatório da Habitação Multifamiliar com Aproveitamento de Água Pluvial Para Autoclismos

Efetuiu-se o estudo para o caso em que o aproveitamento de águas pluviais para a habitação multifamiliar seria apenas para as descargas de autoclismos, não contando com o uso para a máquina de lavar roupa. Assim, o consumo diário sofre uma redução para cerca de metade em ambos os casos com e sem dispositivos eficientes (QUADRO 5.18). Deste modo, considerou-se um autoclismo com descarga convencional (45 l/hab/dia) e um autoclismo com descarga eficiente (18 l/hab/dia).

QUADRO 5.18 - Consumos de autoclismos

Dispositivo	Habitantes	Consumo diário (l/hab/dia)	Consumo diário (m ³ /dia)	Consumo mensal (m ³)
Convencional	24	45	1,08	32,4
Eficiente		18	0,432	12,96

Foram calculados os volumes dos reservatórios pelos métodos anteriormente estudados (Método de Rippl com série diária, Método de Rippl com série mensal, Método Alemão, Método Espanhol, Método Inglês e Método Brasileiro), tendo em conta uma área de captação de 260 m², um coeficiente de escoamento de 0,8, uma eficiência do sistema de 0,9 e uma precipitação

média anual acumulada de 647mm para a Estação Meteorológica de Monte da Caparica. Fez-se ainda a distinção entre o tipo de consumo para a habitação, sendo que existe um consumo majorado que tem em conta um dispositivo convencional ($1,08 \text{ m}^3/\text{dia}$ e $32,4 \text{ m}^3/\text{mês}$) e um consumo minorado que considera a utilização de um dispositivo eficiente ($0,432 \text{ m}^3/\text{dia}$ e $12,96 \text{ m}^3/\text{mês}$) (QUADRO 5.19).

QUADRO 5.19 - Volume do reservatório calculado por diferentes métodos

Método	Consumo	Volume (m^3)
Rippl diário convencional	$1,08 \text{ m}^3/\text{dia}$	236,7
Rippl diário eficiente	$0,432 \text{ m}^3/\text{dia}$	94,2
Rippl mensal convencional	$32,4 \text{ m}^3/\text{mês}$	1125,7
Rippl mensal eficiente	$12,96 \text{ m}^3/\text{mês}$	173,3
Alemão	-	8
Espanhol	$356,4 \text{ m}^3/\text{ano}$	20
Espanhol	$142,56 \text{ m}^3/\text{ano}$	11
Inglês	-	8,4
Brasileiro 4 meses sem chuva	-	28,3
Brasileiro 6 meses sem chuva	-	42,4

Em seguida, calcularam-se as eficiências para os volumes alcançados pelos diferentes métodos através do Método da Simulação. A Figura 5.8 que em seguida se apresenta mostra a evolução ao longo de dez anos hidrológicos (2001 a 2011) com um reservatório de 8 m^3 e com um consumo mensal de $12,96 \text{ m}^3$.

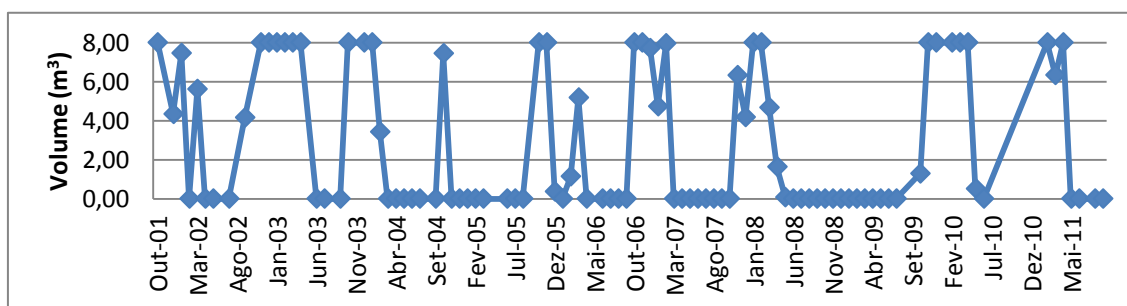


Figura 5.8 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 8 m^3 , entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m^2

Pela análise da Figura 5.8, nota-se que, com um volume de 8 m^3 , o reservatório atinge a sua capacidade máxima dez vezes e que passa cerca de metade dos meses com o seu volume total, existindo, no entanto, várias situações em que a água pluvial no seu interior se esgota. Concluindo, num total de 97 meses estudados, em 54 meses o reservatório esgota a sua capacidade de água, o que significa que um reservatório de 8 m^3 tem uma eficiência de 44%, para a habitação unifamiliar.

Apresenta-se ainda o estudo da eficiência para um reservatório com 30 m^3 (calculado pelo Método Brasileiro considerando 4 meses sem chuva num ano) e com um consumo mensal de $12,96 \text{ m}^3$ (Figura 5.9).

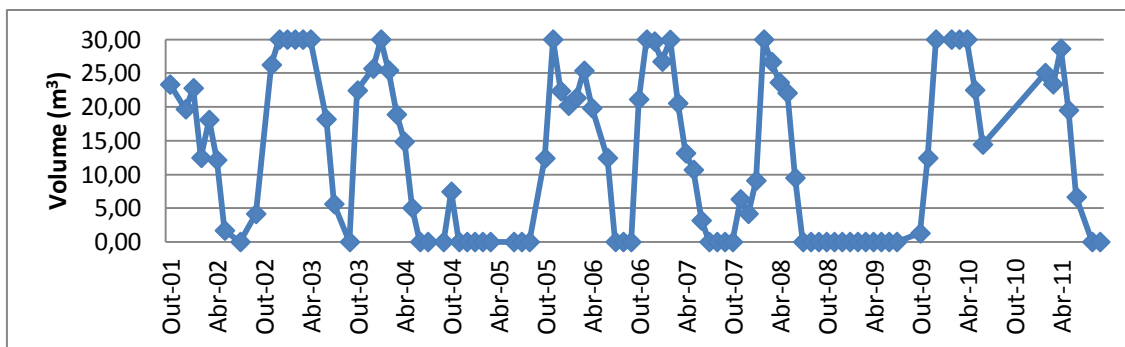


Figura 5.9 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 30 m³, entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m²

Observando-se a Figura 5.9, nota-se que apesar de o reservatório atingir o seu pico menos vezes do que com o reservatório com 8 m³, pode aproveitar-se mais água, e o reservatório atinge o seu máximo de capacidade (30 m³) oito vezes. Pode ainda verificar-se que de outubro de 2009 a junho de 2011 o reservatório não esgota a sua capacidade, para um consumo de 12,96 m³/mês. Contudo, no período entre julho de 2008 e julho de 2009 o reservatório acaba todos os meses sem reserva de água. Assim, num total de 97 meses estudados, o reservatório apenas fica sem água no fim de 32 meses, o que significa uma eficiência de 67%.

Por fim, foi analisado o caso que apresenta maior eficiência, o caso do reservatório com 95 m³, calculado pelo Método de Rippl com uma série de precipitação diária (Figura 5.10).

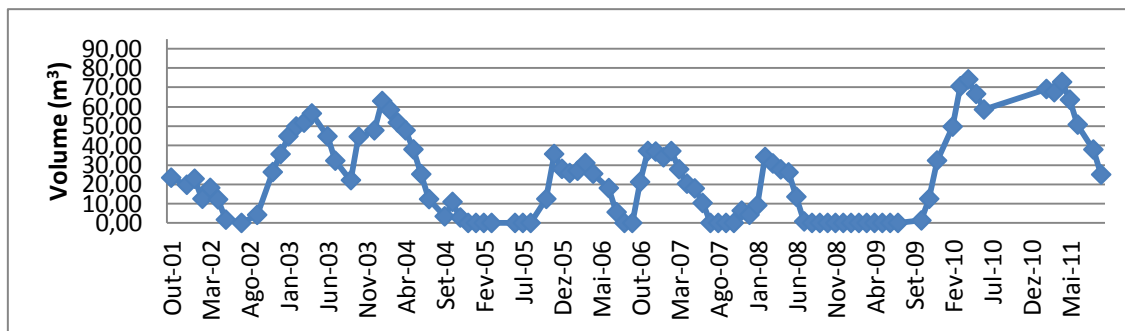


Figura 5.10 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 95 m³, entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m²

A primeira evidência da Figura 5.10 é o facto de nunca se atingir o total do volume do reservatório, sendo que o máximo de volume que se alcança é de cerca de 74 m³. Num total de 97 meses estudados, apenas em 26 meses se esgota a capacidade do reservatório, o que significa uma eficiência de 73%. Este valor de eficiência é o máximo que se pode atingir com os dados de consumo e precipitação que foram introduzidos. Todos os valores de eficiência tendem para este valor, que será atingido para um reservatório com 74 m³ de capacidade, o valor máximo de precipitação que se consegue acumular no reservatório.

QUADRO 5.20 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, para habitação multifamiliar com aproveitamento de água pluvial para autoclismos eficientes

Habitação Multifamiliar				
Método	Consumo mensal (m ³)	Volume arbitrado (m ³)	Número de meses sem água	Eficiência
Métodos Alemão e Inglês	12,96m ³	8m ³	54	44%
Espanhol com consumo mínimo		11m ³	49	49%
Método Brasileiro 4 Meses		30m ³	32	67%
Método Brasileiro 6 Meses		43m ³	30	69%
Método Rippl Série Diária		95m ³	26	73%

Pela análise do QUADRO 5.20 percebe-se que os valores de eficiência são consideravelmente superiores, até para o menor volume de reservatório estudado, aos valores calculados para a

habitação multifamiliar considerando o aproveitamento de água pluvial para descargas de autoclismos e para máquinas de lavar roupa (QUADRO 5.17). No presente caso o valor máximo de eficiência possível de ser alcançado é de 73%, enquanto para o primeiro caso, a eficiência máxima atingida para o reservatório é de 20%, que representa um valor baixo. Seria então pertinente sugerir o aproveitamento de água pluvial em habitações multifamiliares apenas para as descargas de autoclismos, não evitando, no entanto, o recurso a água da rede de abastecimento público.

De modo a obter um panorama mais geral, foi ainda estudada a eficiência de reservatórios para a habitação multifamiliar em causa considerando que em todos os apartamentos são utilizados autoclismos convencionais (45 l/hab/dia), o que aumenta bastante o consumo mensal (32,4 m³/mês).

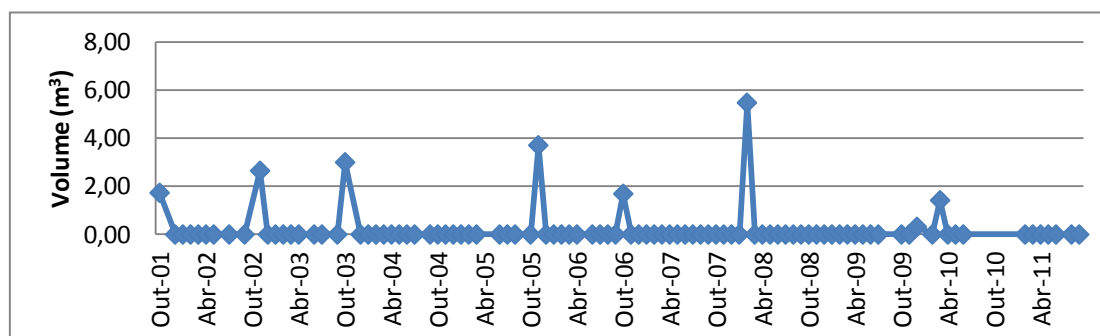


Figura 5.11 - Análise mensal da variação do volume de água no reservatório com capacidade de 8 m³, entre 2001 e 2011, com área de captação de 260 m²

Como seria de esperar o valor máximo de eficiência obtido é bastante baixo e o volume máximo que se consegue obter no reservatório é inferior a 6 m³ (Figura 5.11). Os baixos valores calculados devem-se ao elevado consumo e à fraca pluviosidade registada nos últimos dez anos hidrológicos. Analisando a Figura 5.11 nota-se que o reservatório acaba a maioria dos meses sem água de reserva, o que se traduzirá numa eficiência de 8%, o valor máximo atingido, pois dos 97 meses estudados, em 89 meses o reservatório termina sem água.

QUADRO 5.21 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, para habitação multifamiliar com aproveitamento de água pluvial para autoclismos convencionais

Habitação Multifamiliar				
Método	Consumo mensal (m ³)	Volume arbitrado (m ³)	Número de meses sem água	Eficiência
Métodos Alemão e Inglês	32,4m ³	8m ³	89	8%
Espanhol com consumo mínimo		11m ³		
Espanhol com consumo máximo		20m ³		
Método Brasileiro 4 Meses		30m ³		
Método Brasileiro 6 Meses		43m ³		
Método Rippl Série Diária		95m ³		

Verifica-se pelo QUADRO 5.21 que a eficiência não muda com a variação do volume do reservatório e que são passados 89 meses em que o reservatório termina sem água. Concluiu-se que para este caso não se justifica o investimento num SAAP, pois as necessidades raramente serão supridas. Deste modo, só se justificaria a instalação de um SAAP quando os consumos são menores, ou seja, com a utilização de dispositivos convencionais.

5.4.8 Cálculo do Volume do Reservatório para a Escola Secundária de Rio Maior

Como já foi referido anteriormente, efetuaram-se cinco estudos diferentes para determinar o volume do reservatório de armazenamento: rega por aspersão e autoclismos, rega com sistema gota a gota e autoclismos, apenas autoclismos, só rega por aspersão e só rega por sistema gota a gota. Cada um dos casos estudados apresenta diferentes consumos de água potável, o que irá fazer variar o volume do reservatório. Utilizaram-se três métodos, o Método de Rippl, o Método Australiano e o Método da Simulação. De notar, que os dois últimos

métodos referidos servem para avaliar a eficiência do reservatório com volume calculado pelo Método de Rippl. Foi utilizada uma série diária e uma série mensal de precipitações desde 1 de outubro de 1979 até 22 de setembro de 2005, pois não existem mais dados disponíveis. O coeficiente de escoamento é de 0,8. No QUADRO 5.22 estão apresentados os volumes a que se chegou com o Método de Rippl.

QUADRO 5.22 - Volume do reservatório para a escola secundária de Rio Maior, calculado por diversos métodos

Volume do Reservatório	Série Anual	Série Mensal	Série Diária
Rega por aspersão e autoclismos	3.548m ³	15.089m ³	4.954m ³
Rega gota a gota e autoclismos	0m ³	1.705m ³	1.738m ³
Apenas autoclismos	0m ³	659m ³	907m ³
Apenas rega por aspersão	141m ³	8.211m ³	3773m ³
Apenas rega gota a gota	0m ³	521m ³	822m ³

Estes valores erráticos devem-se sobretudo ao facto de o Método de Rippl ser uma sobre estimativa do valor do reservatório, ao elevado consumo e aos longos períodos de seca que se apresentam nas séries estudadas.

Em seguida, calcularam-se as eficiências de todos os volumes atingidos pelo método de Rippl através do Método Australiano e pelo Método da Simulação (QUADRO 5.23).

QUADRO 5.23 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, calculada pelo Método Australiano, para a Escola Secundária

Volume do Reservatório	Consumo	Número de meses	Número de meses secos	Eficiência
15.089m ³	726m ³ /mês	304	208	32%
1.705m ³	341m ³ /mês		31	90%
658m ³	176m ³ /mês		6	99%
8.210m ³	550m ³ /mês		132	57%
521m ³	165m ³ /mês		9	97%

No QUADRO 5.24 apresentam-se os valores de eficiência calculados pelo Método da Simulação.

QUADRO 5.24 - Eficiência dos reservatórios com diferentes volumes, calculada pelo Método da Simulação para a Escola Secundária

Volume do Reservatório	Consumo	Número de meses	Número de meses secos	Eficiência
15.089m ³	726m ³ /mês	304	205	33%
1.705m ³	341m ³ /mês		21	93%
658m ³	176m ³ /mês		1	100%
8.210m ³	550m ³ /mês		127	58%
521m ³	165m ³ /mês		5	98%

Pela análise de ambos os quadros, verifica-se que a quantidade de meses secos é maior para o método Australiano e, conseqüentemente, a eficiência é menor. Isto deve-se a este método ser mais conservativo, uma vez que retira ao total de água pluvial aproveitada, uma quantidade de 2 mm, que correspondente a perdas por evaporação.

Observando os valores estimados, chegou-se à conclusão de que estes seriam demasiado elevados e dispendiosos. Assim, optou-se por calcular a eficiência de um reservatório de 350 m³, para a opção de rega de espaços verdes com sistema gota a gota e para a opção de autoclismos.

Na primeira experiência, calculou-se a eficiência do reservatório com 350 m³, para o caso de utilização da água pluvial apenas para autoclismos, o que implica um consumo mensal de 176 m³. Para o método Australiano, a eficiência é de 88%, ou seja, em 304 meses estudados, o reservatório fica vazio em apenas 38 meses. Para o método da Simulação, a eficiência calculada é de 89%, o que representa 32 meses em que o reservatório esgotou a sua reserva.

Em seguida, calculou-se a eficiência do mesmo reservatório para o caso da implantação do sistema de rega gota a gota, o que significa um consumo de 165 m³/mês. A eficiência calculada pelo Método Australiano devolveu 31 meses secos, representando 90% de eficiência. Para o Método da Simulação, a eficiência calculada atingiu os 91%, representando apenas 27 meses em que o reservatório esgotou reservas.

5.5 Reutilização de Águas Cinzentas

5.5.1 Habitação Unifamiliar e Multifamiliar

No estabelecimento da análise comparativa com reutilização de águas cinzentas utilizaram-se os mesmos edifícios que foram utilizados no estudo da utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, de modo a poderem comparar-se ambos os sistemas de aproveitamento de águas.

Em seguida apresentam-se as disponibilidades de água cinzenta, dependentes do consumo e os volumes necessários para uso em autoclismos e exterior, para a habitação unifamiliar e para a habitação multifamiliar. Estes valores foram retirados do QUADRO 5.7 e do QUADRO 5.8 que mostram as estimativas dos consumos para ambas as habitações.

QUADRO 5.25 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta num edifício unifamiliar com dispositivos convencionais

Habitação Unifamiliar Com Dispositivos Convencionais				
Dispositivos	Disponibilidades		Necessidades	
	L/habitante/dia	%	L/habitante/dia	%
Chuveiro	75	37%		
Autoclismos			45	22%
Torneiras casa de banho	30	15%		
Exterior			20	10%
Total	105	52%	65	32%

QUADRO 5.26 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta num edifício unifamiliar com dispositivos eficientes

Habitação Unifamiliar Com Dispositivos Eficientes				
Dispositivos	Disponibilidades		Necessidades	
	L/habitante/dia	%	L/habitante/dia	%
Chuveiro	30	33%		
Autoclismos			18	20%
Torneiras casa de banho	7,5	8%		
Exterior			20	22%
Total	37,5	41%	38	42%

Analisando o QUADRO 5.25 e comparando-se a quantidade de água cinzenta disponível com a quantidade de água cinzenta necessária por dia na habitação unifamiliar, nota-se que o primeiro fator tem um valor superior, 52% do total dos consumos, enquanto as necessidades são de apenas 32%. Este valor traduz-se em 85,6 m³ de água potável poupada por ano, para quatro habitantes. Analisando o QUADRO 5.26, a tendência é diferente, pois as disponibilidades de água proveniente do chuveiro e das torneiras de casa de banho são ligeiramente menores do que as necessidades para autoclismos e rega, 37,5 l/hab/dia e 38 l/hab/dia, respetivamente. Os 0,5 litros que não são supridos das necessidades, podem ser colmatados com a utilização de plantas com poucas necessidades de rega ou com um sistema de rega mais eficientes e que, logo, necessite de menos quantidade de água. A diferença entre o total de necessidades e de disponibilidades é menos significativa no caso de dispositivos eficientes pois para os usos exteriores são considerados os mesmos dispositivos convencionais. O valor de 38 l/hab/dia equivale a uma poupança de água potável de cerca de 50 m³/ano para quatro habitantes.

QUADRO 5.27 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta num edifício multifamiliar com dispositivos convencionais

Habitação Multifamiliar Com Dispositivos Convencionais				
Dispositivos	Disponibilidades		Necessidades	
	L/habitante/dia	%	L/habitante/dia	%
Chuveiro	75	41%		
Autoclismos			45	24%
Torneiras casa de banho	30	16%		
Total	105	57%	45	24%

QUADRO 5.28 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta num edifício multifamiliar com dispositivos eficientes

Habitação Multifamiliar Com Dispositivos Eficientes				
Dispositivos	Disponibilidades		Necessidades	
	L/habitante/dia	%	L/habitante/dia	%
Chuveiro	30	43%		
Autoclismos			18	26%
Torneiras casa de banho	7,5	11%		
Total	37,5	54%	18	26%

Verifica-se um comportamento semelhante da habitação multifamiliar ao primeiro caso da habitação unifamiliar, pois também a quantidade de água cinzenta disponível é superior à quantidade de água cinzenta necessária. Neste caso, nota-se que as discrepâncias entre os valores totais são superiores pois não são contabilizados os usos exteriores (QUADRO 5.27 e QUADRO 5.28). Para o caso de utilização de dispositivos convencionais, seriam poupados 356,4 m³/ano de água potável para 24 habitantes na habitação multifamiliar. No caso de serem utilizados dispositivos eficientes, a poupança de água potável atinge os 143 m³/ano no total dos 24 habitantes.

O estudo revela que, para o presente caso, a utilização de águas cinzentas é 100% eficiente, uma vez que todo o volume necessário é suprido através da água cinzenta proveniente dos duchos e banhos e torneiras de casa de banho. No QUADRO 5.29 e no QUADRO 5.30 está resumida a poupança que a reutilização de águas cinzentas representa anualmente com dispositivos eficientes e convencionais, para uma habitação unifamiliar e uma habitação multifamiliar. Para uma habitação unifamiliar a poupança pode atingir os 85,8 m³ de água no caso de utilização de dispositivos eficientes (32% do total de consumo) e os 50,2 m³ anuais, caso sejam preferidos os dispositivos eficientes, o que representa 42% do total de consumo de água (QUADRO 5.29). No caso de uma habitação multifamiliar com 24 habitantes, as poupanças por ano atingidas são na ordem dos 356 m³ e dos 143 m³ (24% e 26% do total de consumo, respetivamente), com recurso a dispositivos convencionais e eficientes (QUADRO 5.30).

QUADRO 5.29 - Poupança atingida com o aproveitamento de águas cinzentas numa habitação unifamiliar

Dispositivos	Disponibilidade de água (l/hab/dia)		Necessidade de água (l/hab/dia)		Poupança anual
Convencionais	105	52%	65	32%	85,8m ³
Eficientes	37,5	41%	38	42%	50,2m ³

QUADRO 5.30 - Poupança atingida com o aproveitamento de águas cinzentas numa habitação multifamiliar

Dispositivos	Disponibilidade de água (l/hab/dia)		Necessidade de água (l/hab/dia)		Poupança anual
Convencionais	132	72%	45	24%	356m ³
Eficientes	52,5	74%	18	26%	143m ³

5.5.2 Escola Secundária de Rio Maior

A análise da instalação de um sistema de reaproveitamento de águas cinzentas na escola efetuou-se do mesmo modo que se efetuou no caso anterior. Foram avaliadas as

disponibilidades de águas cinzentas, provenientes dos duches e dos lavatórios, e compararam-se com as necessidades, para os autoclismos e urinóis. No QUADRO 5.31 apresentam-se os valores calculados.

QUADRO 5.31 - Disponibilidades e necessidades de água cinzenta na Escola Secundária

Disponibilidades	l/dia	m ³ /dia	m ³ /mês	m ³ /ano	Total Mensal
Lavatórios	1500	1,5	33	297	231m ³
Chuveiros	9000	9	198	1782	
Necessidades	l/dia	m ³ /dia	m ³ /mês	m ³ /ano	Total Mensal
Urinóis	2000	2	44	396	176m ³
Sanitas	6000	6	132	1188	

Como se pode verificar pelo QUADRO 5.31, e seguindo a tendência anterior, as necessidades de água são inferiores às disponibilidades, o que assegura uma eficiência de 100% em caso de instalação de um SPRAC. De notar, que existe ainda uma margem de 55 m³ mensais que poderão ser encaminhados para rega ou para suprir qualquer necessidade de água cinzenta no sistema, caso o consumo seja superior.

5.6 Conclusão do Capítulo

O aproveitamento de águas pluviais e o reaproveitamento de águas cinzentas apresentam valiosas vantagens ambientais, na medida em que permitem a poupança de quantidades significativas de água potável, nos usos que não carecem de água com qualidade superior.

Analisando o aproveitamento de águas pluviais numa habitação unifamiliar com 4 elementos e com recurso a dispositivos convencionais, ao ser considerado o consumo diário de 204 litros/hab/dia (que compreende as descargas de autoclismos, a máquina de lavar roupa, os usos exteriores, as torneiras de casa de banho, os duches e as perdas), podem ser substituídos 92 litros/hab/dia, o que corresponde a uma poupança de 45% deste total de consumos e a 121 m³/ano de água potável poupada. Ao ser considerado o mesmo agregado, mas com utilização de dispositivos eficientes, o consumo diário é de 90,5 litros/hab/dia, dos quais 57 litros/hab/dia podem ser substituídos por água pluvial. Esta substituição equivale a uma poupança de 63% do consumo diário estudado e a 75 m³ anuais.

No caso da habitação multifamiliar com um total de 24 elementos, distribuídos em seis apartamentos, o consumo diário com a utilização de dispositivos convencionais ascende aos 184 litros/hab/dia, dos quais 72 litros/hab/dia são passíveis de serem substituídos por água pluvial. Assim, a poupança de água potável seria de 39% do total ou 570 m³ por ano. Considerando a utilização de dispositivos eficientes, o consumo diário seria de 70,5 litros/hab/dia, onde podem ser substituídos por água pluvial 33 litros/hab/dia, levando a uma poupança de 47%, ou seja, 261 m³/ano.

Analisando o reaproveitamento de águas cinzentas para uma habitação unifamiliar com dispositivos convencionais, sabendo que as necessidades de água cinzenta para as descargas de autoclismos e para os usos exteriores é de 65 l/hab/dia, atinge-se uma poupança de 85,8 m³ por ano de água potável, 32% do total de consumo. Considerando o recurso a dispositivos eficientes, as necessidades diminuem para 38 l/hab/dia, levando a uma poupança de 50,2 m³ por ano, ou seja, 42%.

Para o caso da habitação multifamiliar, recorrendo a dispositivos convencionais, as necessidades para as descargas sanitárias são de 45 l/hab/dia, que equivalem a uma poupança 24% do consumo total, ou seja, 356 m³ anuais para os 24 habitantes. Considerando os dispositivos eficientes, as necessidades para as descargas sanitárias diminuem para apenas 18 l/hab/dia, o que significa uma redução no consumo de água potável de 26%, ou seja, 143 m³/ano no total dos 24 elementos.

Como se pode concluir pelos valores acima apresentados, as maiores poupanças vêm do aproveitamento de águas pluviais. Contudo, este valor é difícil de quantificar pois a água pluvial está dependente de fatores que não podem ser controlados pelos utilizadores.

Em relação à Escola Secundária de Rio Maior, conclui-se que o aproveitamento de águas pluviais será interessante se for utilizado para as soluções de rega com sistema gota a gota, que faz todo o sentido do ponto de vista ambiental, ou para as descargas de autoclismos. Nestes casos, um reservatório com 350 m³ consegue atingir uma eficiência de 89% e 91%, respetivamente.

A principal vantagem da reutilização de águas cinzentas é o facto de apenas estar dependente dos hábitos dos elementos dos agregados. Assim, como estas são provenientes dos duches e banhos e das torneiras da casa de banho, mesmo com recurso a dispositivos eficientes, a água cinzenta produzida, será superior à quantidade de água cinzenta necessária, apenas para autoclismos ou rega.

6. Análise Económica

6.1 Tarifário do Consumo de Água da Rede

Os dados do tarifário de consumo de água potável para utilizadores domésticos, do saneamento de águas residuais e a tarifa de resíduos sólidos urbanos (TRSU) foram obtidos através dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento do Concelho de Almada (SMAS), para as habitações. Estas tarifas de consumo dividem-se em escalões consoante o volume de água consumido por utilizador, sendo que quanto maior o consumo de água, maior o custo (QUADRO 6.1 e QUADRO 6.2). De salientar que a tarifa variável de saneamento de águas residuais é aplicada a 90% do volume de água consumida.

Atualmente a TRSU aplicada pelo Município de Almada é de 0,21€/m³ de água consumida para utilizadores domésticos.

QUADRO 6.1 – Tarifa mensal de abastecimento de água no Município de Almada para utilizadores domésticos

Concelho de Almada Utilizadores Domésticos			
Escalão	Tarifa Variável, Valor (€)	Calibre do Contador (CC)	Tarifa Fixa, Valor (€)
1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38€	CC ≤ 25 mm	2,00 €
2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91€	25mm < CC ≤ 30 mm	13,50 €
3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27€	30 mm < CC ≤ 50 mm	40,00 €
4º Escalão: > 25 m ³	1,78€	50 mm < CC ≤ 100 mm	120,00 €
		CC > 100 mm	360,00 €

Fonte: SMAS Município de Almada, 2012

QUADRO 6.2 - Tarifa mensal do saneamento de águas residuais no Município de Almada para utilizadores domésticos

Concelho de Almada Utilizadores Domésticos			
Escalão	Tarifa Variável, Valor (€)	Calibre do Contador (CC)	Tarifa Fixa, Valor (€)
1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38€	Todos os contadores	1,50 €
2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91€		
3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27€		
4º Escalão: > 25 m ³	1,78€		

Fonte: SMAS Município de Almada, 2012

Aos valores apresentados acresce o valor da taxa de IVA em vigor, 6%.

No QUADRO 6.3 e no QUADRO 6.4 que se seguem, estão apresentados os consumos diários e mensais para a habitação unifamiliar e para a habitação multifamiliar, respetivamente, consoante as medidas adotadas.

QUADRO 6.3 - Consumo diário e mensal de uma habitação unifamiliar com diferentes medidas de poupança de água potável

Habitação Unifamiliar	Consumo diário (l/hab/dia)	Consumo Mensal (m ³)
Com dispositivos convencionais	204	24,5
Com dispositivos eficientes	90,5	10,9
Águas pluviais com dispositivos convencionais	112	13,4
Águas pluviais com dispositivos eficientes	37,5	4,5
Águas cinzentas convencionais	139	16,7
Águas cinzentas eficientes	52,5	6,3

QUADRO 6.4 - Consumo diário e mensal de uma habitação multifamiliar com diferentes medidas de poupança de água potável

Habitação Multifamiliar (por fogo)	Consumo diário (l/hab/dia)	Consumo Mensal (m³)
Com dispositivos convencionais	184	22,1
Com dispositivos eficientes	70,5	8,5
Águas pluviais com dispositivos convencionais	112	13,4
Águas pluviais com dispositivos eficientes	37,5	4,5
Águas pluviais autoclismos convencionais	139	16,7
Águas pluviais autoclismos eficientes	52,5	6,3
Águas cinzentas convencionais	139	16,7
Águas cinzentas eficientes	52,5	6,3

Em seguida no QUADRO 6.5 será apresentada uma estimativa do valor a pagar nos diferentes casos de consumo, tendo em conta as diferentes medidas adotadas para reduzir o consumo de água potável para a habitação unifamiliar em estudo, com quatro habitantes.

QUADRO 6.5 - Preço da água potável de acordo com vários padrões de consumo numa habitação unifamiliar

Habitação Unifamiliar	Preço S/IVA	Preço C/IVA	Total Anual
Com dispositivos convencionais	52,47€/mês	55,62€/mês	667,40€
Com dispositivos eficientes	19,60€/mês	20,78€/mês	249,31€
Águas pluviais com dispositivos convencionais	24,45€/mês	25,91€/mês	310,97€
Águas pluviais com dispositivos eficientes	7,69€/mês	8,16€/mês	97,87€
Águas cinzentas convencionais	32,01€/mês	33,93€/mês	407,16€
Águas cinzentas eficientes	10,68€/mês	11,68€/mês	135,86€

Como seria expectável, a situação com a fatura mais elevada é o caso de utilização de apenas dispositivos convencionais em toda a habitação, com 667,40€ anuais. O caso da utilização de um sistema de aproveitamento de águas pluviais juntamente com dispositivos convencionais já mostra gastos cerca de um metade menores que o caso anterior, de 310,97€. A combinação de uma solução de aproveitamento de águas pluviais com dispositivos com elevada eficiência hídrica é o caso que apresenta maiores poupanças na fatura da água, com 97,87€/ano, para além dos benefícios ambientais inerentes. O reaproveitamento de águas cinzentas também imprime notórias melhorias em termos económicos, sendo que quando conjugado com dispositivos eficientes o gasto mensal com água potável diminui para 135,86€. Sendo esta solução a segunda com melhores benefícios económicos.

A solução de instalação de um SAAP com dispositivos eficientes é mais vantajosa economicamente que a solução com instalação de um SPRAC também com dispositivos eficientes pois, no primeiro caso as águas pluviais são utilizadas para usos exteriores, descargas sanitárias e máquinas de lavar roupa, enquanto no segundo caso a utilização de água cinzenta é apenas para descargas sanitárias e exterior.

No QUADRO 6.6 apresentam-se os gastos mensais e anuais da habitação multifamiliar em estudo, por fogo pelo total do edifício, com diversas soluções de poupança de água potável.

QUADRO 6.6 - Preço da água potável de acordo com vários padrões de consumo numa habitação multifamiliar

Habitação Multifamiliar (por fogo)	Preço S/IVA	Preço C/IVA	Total Anual	Total Anual do Edifício
Com dispositivos convencionais	46,17€/mês	48,94€/mês	587,32€	3.523,95€
Com dispositivos eficientes	14,95€/mês	15,84€/mês	190,12€	1.140,72€
Águas pluviais com dispositivos convencionais	24,45€/mês	25,91€/mês	310,97€	1.865,84€
Águas pluviais com dispositivos eficientes	7,69€/mês	8,16€/mês	97,87€	587,21€
Águas pluviais autoclismos convencionais	32,01€/mês	33,93€/mês	407,16€	2.442,93€
Águas pluviais autoclismos eficientes	10,68€/mês	11,32€/mês	135,86€	815,15€
Águas cinzentas convencionais	32,01€/mês	33,93€/mês	407,16€	2.442,93€
Águas cinzentas eficientes	10,68€/mês	11,32€/mês	135,86€	815,15€

Pela análise do QUADRO 6.6, verifica-se que a solução mais dispendiosa é a solução com dispositivos convencionais, pois não apresenta quaisquer medidas de redução do consumo de água potável. A simples mudança para dispositivos com eficiência hídrica, reduz o total anual em cerca de quatro vezes, o que significa uma substancial redução de custo na fatura mensal. Avaliando a introdução de um SAAP, mesmo com dispositivos convencionais, nota-se uma redução notória na fatura, quando comparada com a solução anteriormente referida. Deste modo, a adoção de um SAAP com dispositivos eficientes na habitação representa a diminuição da fatura mensal de 48,94€ para 8,16€, cerca de seis vezes inferior. Avaliando o caso da instalação de um SAAP, sendo a água pluvial apenas utilizada para descargas de autoclismos convencionais, a fatura reduz-se para cerca de dois terços do valor da fatura da utilização de apenas dispositivos convencionais. O caso da instalação de um SAAP para descargas de autoclismos eficientes do ponto de vista hídrico, é uma boa solução em termos económicos representando a segunda solução com menores custos de todas as soluções analisadas. Para as águas cinzentas apresentam-se valores de fatura iguais aos valores calculados para o aproveitamento de águas pluviais apenas para descargas de autoclismos, o que se justifica pela finalidade de uso da água aproveitada ou reutilizada ser o mesmo.

Em seguida, são apresentados os valores dos tarifários de água para a Escola Secundária. Estes valores foram obtidos pelo contacto com a Câmara Municipal de Rio Maior, que forneceu as tarifas reais para o caso em estudo (QUADRO 6.7).

QUADRO 6.7 - Tarifário mensal de água para a Escola Secundária de Rio Maior

Concelho de Rio Maior, Estado e Outras Entidades Públicas		
Abastecimento de Água		
Escalão	Tarifa Variável, Valor (€)	Tarifa Fixa, Valor (€)
1º Escalão: 0 – 25 m ³	0,75€/m ³	8,57€
2º Escalão: > 25 m ³	1,50€/m ³	
Saneamento	Tarifa Variável, Valor (€)	Tarifa Fixa, Valor (€)
	0,33€/m ³	1,22€
Resíduos Sólidos Urbanos	Tarifa Variável, Valor (€)	Tarifa Fixa, Valor (€)
	0,24€/m ³	1,43€

No QUADRO 6.8 apresentam-se os valores do consumo mensal recorrendo às diferentes medidas de poupança de água que poderão ser implementadas.

QUADRO 6.8 - Consumo mensal de água potável com diferentes medidas de poupança de água

Escola Secundária	Consumo diário (m ³)	Consumo Mensal (m ³)
Sem medidas de poupança	26	572
Implementação de SAAP para autoclismos	18	396
Implementação de SAAP para rega gota a gota	18,5	407
Instalação de SPRAC para instalações sanitárias	18	396

Por fim, apresentam-se no QUADRO 6.9 os valores a pagar por mês pelo consumo de água potável, consoante a medida adotada.

QUADRO 6.9 – Preço mensal da água potável de acordo com vários padrões de consumo na escola

Escola Secundária de Rio Maior	Preço S/IVA	Preço C/IVA
Sem medidas de poupança	1.176,69€	1.247,29€
Implementação de SAAP para autoclismos	812,37€	861,11€
Implementação de SAAP para rega gota a gota	835,14€	885,25€
Instalação de SPRAC para instalações sanitárias	812,37€	861,11€

Analisando o QUADRO 6.9 verifica-se que qualquer medida aplicada conduz a uma elevada diminuição da conta mensal de água potável, como seria expectável. As situações que imprimem maiores poupanças são a utilização de água de qualidade inferior para as descargas sanitárias, pois este consumo é superior em relação ao consumo mensal com o sistema de rega.

Conclui-se que apesar dos óbvios benefícios ambientais e económicos, em termos de fatura de água potável, que o aproveitamento de águas pluviais proporciona, o seu fator incerteza não permite que se possa avaliar corretamente as faturas que advêm da sua instalação pois nunca

se saberá quando haverá água pluvial suficiente para suprir as necessidades dos utilizadores, evitando o recurso à rede alternativa de abastecimento de água. O mesmo não acontece com o aproveitamento de águas cinzentas pois esta água é produzida diariamente, sendo suficiente para suprir as necessidades.

6.2 Custo dos Sistemas

6.2.1 Volume do Reservatório de Armazenamento de Água Pluvial

Os volumes seleccionados para os reservatórios de armazenamento de água pluvial tiveram por base a sua eficiência, anteriormente calculada e as necessidades mensais, pois este é o tempo máximo que se pode armazenar água pluvial no reservatório.

Para a habitação unifamiliar considerou-se que estão instalados dispositivos eficientes do ponto de vista hídrico, sendo assim o consumo mensal de água potável passível de ser substituída por água pluvial de $6,3 \text{ m}^3/\text{mês}$.

Neste caso, o volume escolhido do reservatório para armazenamento de águas pluviais é de 5 m^3 , por ser um volume comumente seleccionado para este tipo de habitações e por apresentar uma eficiência de 40%, que pouco aumenta com o aumento do volume. De notar que, para um reservatório de 90 m^3 a sua eficiência é de 53%, o que não justifica o investimento.

Do mesmo modo, optou-se por considerar uma habitação multifamiliar em que a água pluvial armazenada é apenas utilizada para descargas de autoclismos, o que diminui em muito o consumo mensal quando comparada com a solução inicial que considerava descargas de autoclismos e máquinas de lavar roupa. Esta primeira abordagem apresentou valores excessivos de consumos de água, $24 \text{ m}^3/\text{mês}$ com equipamentos eficientes e eficiências reduzidas, sendo a eficiência mais elevada de 20%, o que poderia não justificar qualquer investimento num SAAP. Considerou-se também que, de modo a minimizar os gastos com água pluvial e a evitar ao máximo o recurso à fonte de abastecimento alternativa, os autoclismos instalados apresentam eficiência hídrica, resultando num consumo mensal de $12,96 \text{ m}^3$ para os 24 habitantes. Optou-se por esta solução pois, caso contrário, a água pluvial armazenada nunca seria suficiente para distribuir por todos os habitantes, principalmente na conjuntura atual, em que os valores de precipitação são cada vez menores. Não esquecendo que o excessivo consumo seria de $32,4 \text{ m}^3/\text{mês}$, quase o triplo do consumo utilizando autoclismos eficientes.

Assim, chegou-se à conclusão que o volume mais apropriado do reservatório de armazenamento para a habitação multifamiliar em estudo é de 30 m^3 . A escolha deste valor prende-se com a sua elevada eficiência, 67%, sendo que a eficiência máxima que se consegue alcançar é de 73% com um volume de 95 m^3 , não justificando o investimento.

Para a escola, seleccionou-se um reservatório para armazenamento de águas pluviais de 350 m^3 , que apresenta uma eficiência de cerca de 90%.

Por fim, efetuou-se também um estudo para a junção de aproveitamento de águas pluviais e águas cinzentas apenas nos edifícios habitacionais. Sendo que cada um dos reservatórios apresenta um volume de 2 m^3 .

6.2.2 Orçamento para SAAP

Os reservatórios a estudar nesta dissertação são pré-fabricados. Para a obtenção dos preços dos reservatórios contactaram-se diversas empresas que fornecem este tipo de soluções e foi pedida a instalação de um SAAP com um reservatório de 5 m^3 e um com 30 m^3 . A todos os valores terá que ser adicionado o IVA 23%, os trabalhos de construção civil e, em algumas empresas, o custo de transportes.

Deste modo, os preços adquiridos são os seguintes, presentes no QUADRO 6.10.

QUADRO 6.10 - Custos de diferentes SAAP fornecidos por algumas empresas portuguesas

Empresa fornecedora	Equipamento	Custo do sistema	Custo + IVA 23%
L. N. Águas	Reservatório 5m ³ , Filtragem c/ acessórios e tubagem, Sistema de bombagem GRUNDFOS	5.780,00€	7.109,40€
Acqua Business/ All Aqua	Reservatório 5m ³ , Filtragem c/ acessórios, Sistema de bombagem, Sistema de desinfecção, Tubagens e acessórios, Montagem, Transporte	8.430,00€	10.368,90€
Ecodepur	Reservatório 5m ³ , Filtro, Transporte	2.378,06€	2.925,01€
EcoÁgua	Reservatório 5m ³ , Filtragem c/ acessórios, Sistema de bombagem	5.548,47€	6.824,62€
Ambietel	Reservatório 5m ³ , Filtragem c/ acessórios, Sistema de bombagem, Sistema de <i>backup</i> , apoio na instalação	5.323,00€	6.547,29€
EcoÁgua	Reservatório 30m ³ , Filtragem com acessórios, Sistema de bombagem	9.035,50€	11.113,67€
Ecodepur	Reservatório 30m ³ , Filtro, Transporte	7.391,53€	9.091,58€
Ambietel	Reservatório 30m ³ , Filtragem c/ acessórios, Sistema de bombagem, Sistema de <i>backup</i> , apoio na instalação	13.932,50€	17.136,98€

Como pode verificar-se pela análise do QUADRO 6.10, todos os sistemas apresentam valores diferentes. Esta variação de valores deve-se principalmente ao tipo de serviços e de equipamentos que acompanham o reservatório pré-fabricado. O reservatório pré-fabricado é o elemento base do SAAP e, deste modo, está presente em todas as propostas, variando o seu material de polietileno de alta densidade para polietileno de média densidade. O valor do reservatório também varia consoante a empresa fornecedora do serviço. No caso do SAAP para a habitação unifamiliar, com reservatório de 5 m³, a empresa *Ambietel* propõe um preço de 1394€+IVA, seguindo-se a empresa *All Aqua* com um preço de 1580€+IVA, a empresa *Ecodepur* apresenta uma proposta de 1608,56€+IVA e, finalmente, a *Ecoágua* forneceu um preço de 2000€+IVA. A empresa *L.N. Águas* não discriminou o valor do reservatório no orçamento efetuado.

O sistema de filtragem também difere de acordo com a empresa, apresentando-se mais completo em alguns casos. No caso da *L.N. Água*, o sistema de filtragem é orçamentado e é constituído por um Filtro FGC1 (para áreas de cobertura até aos 350 m²), um sifão com DN100 e uma entrada anti turbulência DN 100. Inclui ainda as tubagens necessárias para montagem do filtro e ligação ao reservatório. O valor do sistema de filtragem não aparece discriminado no orçamento.

A *Ecoágua* fornece, igualmente, um filtro FGC1, que custa 384,67€, um sifão a 82,23€ e uma entrada anti turbulência DN110/ DN125, com um custo de 51,48€. Todos os dispositivos referidos são da *3P Technik* e os seus custos apresentam-se sem IVA.

O orçamento fornecido pela *Ecodepur* apenas apresenta um filtro FGC1 também da *3P Technik* com um custo de 769,50€+IVA, um preço bastante mais elevado que o apresentado pela empresa anterior.

A proposta efetuada pela *All Aqua*, apresenta um sistema de filtragem com um filtro para coberturas até 350 m², cujo valor é de 390€, um dispositivo de entrada anti turbulência, a 140€, e um sifão a 320€, preços sem IVA.

A proposta da empresa *Ambietel* oferece um filtro vórtex com um custo de 405€, uma entrada anti turbulência DN100 que já vem instalada no reservatório, que tem um preço unitário de 98€, e um sifão de transbordo (*overflow*) com um custo de 210€, todos os preços excluem IVA.

Em seguida, apresentam-se as propostas para o sistema de bombagem da água, dado que o reservatório será enterrado. O sistema de montagem proposto pela *L.N. Águas* é composto por um sistema RMQ-A da *Grundfos* que alterna entre a água pluvial do reservatório e a água da rede de abastecimento público, apresenta também uma eletrobomba, do mesmo fabricante. O custo deste sistema não está discriminado no orçamento.

A *Ecoágua* propõe um quadro de monitorização de águas pluviais pelo preço de 2.800€+IVA.

A *Ecodepur* não apresenta qualquer sistema de bombagem no seu orçamento.

A proposta da *All Aqua* apresenta um sistema de bombagem com um custo variável entre 3000€+IVA e 6000€+IVA e um dispositivo de sucção flutuante por 110€+IVA.

Finalmente, a *Ambietel*, propõe uma bomba submersível com depósito hidropneumático e quadro digital, por 1.104€, um dispositivo de sucção flutuante por 112€ e um sistema de adição de água da rede pública de abastecimento por 550€, sendo que todos os valores não apresentam IVA.

O sistema de desinfecção de água é o último item a ser analisado, existindo duas propostas por parte da *All Aqua* e da *Ambietel*. A primeira proposta consiste num sistema de controlo e doseamento de hipoclorito de sódio para a cloração da água por 1.790€+IVA. A segunda proposta apresenta um sistema de desinfecção com recirculação da água por 980€+IVA. De salientar, que ambas as empresas, para além de apresentarem as propostas mais completas incluem o transporte e apoio na instalação.

Após a análise das propostas, chegou-se à conclusão que a mais vantajosa é a proposta efetuada pela *Ambietel*, totalizando 5.323,00€+IVA pelo SAAP completo.

A análise aos orçamentos para a habitação unifamiliar com um reservatório de 30 m³ é semelhante à análise acima efetuada. Foram recebidas três propostas, da *Ecoágua*, da *Ecodepur* e da *Ambietel*, todas compostas por reservatório pré-fabricado de 30 m³ e filtro.

A proposta recebida da *Ecoágua* apresenta um reservatório de 30 m³, com um valor de 8.400,00€+IVA. A seguinte proposta, efetuada pela *Ecodepur*, inclui um reservatório em PE linear reforçado de 30 m³ por 6.622,03€+IVA. Por fim, o último orçamento recebido, da *Ambietel*, apresenta um reservatório em PE vertical reforçado, com um custo de 9.765,00€+IVA. Todos os reservatórios referidos são para enterrar. Como no caso do orçamento para a habitação unifamiliar, apenas a proposta da *Ambietel* apresenta todos os dispositivos necessários para o correto funcionamento do SAAP, não sendo necessário pedir novos orçamentos. Assim, o orçamento da referida empresa volta a ser o mais vantajoso, quando comparado com as restantes propostas. O custo final do SAAP da *Ambietel* é de 13.932,50€+IVA.

Como o volume do reservatório a adotar para a escola é bastante superior aos demais, 350 m³, é mais complicado existir um fornecedor. Assim, optou-se por calcular o custo do mesmo através de expressões aritméticas deduzidas por Neves (2004), após extensa pesquisa no mercado português. Para um reservatório em betão armado o custo do reservatório é dado pela expressão:

$$C = 428 \times V^{\frac{2}{3}} \quad 6.1$$

Utilizando a expressão anterior o custo do reservatório de 350 m³ em betão armado é de cerca de 21.256€. Escolheu-se este material pois, segundo Neves (2004) e Bertolo (2006), este material é o mais frequentemente utilizado para construções *in situ* e o mais económico para reservatórios com grandes volumes.

6.2.3 Instalação do SAAP

A recolha e o encaminhamento das águas pluviais serão efetuados a partir da cobertura, sendo as águas drenadas por gravidade pelas caleiras até aos tubos de queda e, posteriormente, até ao reservatório de armazenamento. Optou-se por escolher como material de todas as tubagens o PEAD, pois não apresenta elevados custos e para além de ter elevada resistência química e física, possui baixa rugosidade e uma elevada vida útil.

A solução escolhida para o SAAP a ser instalado apresenta um reservatório cilíndrico em polietileno vertical reforçado (polietileno de média densidade), dotado de sifão, descarga de fundo e filtro a montante. As águas provenientes de *overflow* e de *first flush* serão descarregadas na rede de águas pluviais, evitando contaminação.

O reservatório apresenta no seu interior um vaso de expansão (dispositivo anti turbulência), que evita a entrada da água com elevada velocidade, apresentando também um conjunto de sucção flutuante, que promove a aspiração da água a cerca de 10 – 15 cm abaixo do nível da água.

A água acumulada no reservatório é desinfetada com uma solução de hipoclorito de sódio (NaClO) através da sua recirculação.

O facto de o reservatório ser enterrado, de modo a estar protegido da luz solar e a não ocupar muito espaço, leva à necessidade de movimentações de terras para a instalação do reservatório e das tubagens de alimentação da edificação. A escavação deverá ser feita tendo em consideração as boas práticas de construção e todas as normas de segurança, sobretudo as regras do LNEC, recorrendo a escavação em talude, escoramento e entivação, sempre que seja necessário.

A escavação deverá ser efetuada com as seguintes dimensões:

a) Comprimento: $(L + 1,0)m$ 6.2

b) Largura: $(l + 1,0)m$ 6.3

A profundidade de escavação deverá atender ao perfil hidráulico da instalação, tendo em conta a altura da cisterna e, considerando que a boca de entrada para o reservatório deverá ficar no exterior (Figura 6.1).

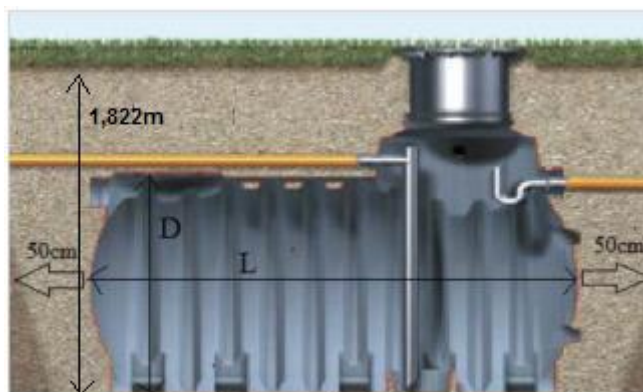


Figura 6.1 - Medidas de escavação para a instalação de reservatório enterrado

Fonte: Sacadura, 2011

Deve aplicar-se uma camada de 10 a 15 cm de areia para constituir uma “almofada” para receber o reservatório.

O reservatório de 5 m³ selecionado apresenta 2.260 mm de diâmetro, e uma altura de 1.822 mm, com um diâmetro de tampa de 400mm. Deste modo, o volume a escavar será de 19,4 m³, para a habitação unifamiliar. Para a habitação multifamiliar, o reservatório de 30 m³ apresenta um diâmetro de 2.260 mm, uma altura de 2.460 mm e um comprimento de 6.800 mm, para um diâmetro de tampa de 700 mm (existem duas entradas) (Figura 6.2). Assim, o volume de escavação será de 57 m³.

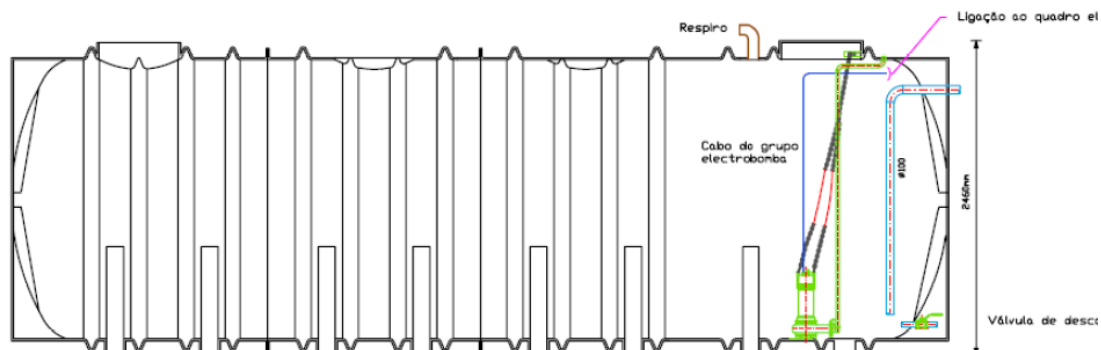


Figura 6.2 - Esquema do reservatório de 30 m³

Fonte: Ecodepur, s.d.

Os preços dos trabalhos de construção civil, como a movimentação de terras e a instalação da rede de abastecimento de água foram gerados pelo programa de cálculo de preços *Cype* e pela consulta de profissionais da área. Assim, obteve-se um preço incluindo a escavação de valas, o aterro com os produtos sobranes da escavação, o fornecimento e montagem das tubagens em PEAD e o fornecimento e montagem das válvulas de seccionamento de 1.269,10€, para a habitação unifamiliar. Para a habitação multifamiliar, e considerando as mesmas atividades, obteve-se um preço total de 3.369,67€. Incluindo o IVA à taxa atual de 23%.

O reservatório a ser instalado na escola será construído *in situ* devido ao seu elevado volume, o que implicará uma elevada quantidade de movimentação de terras e escavações. Devido à complexidade deste projeto, a construção do reservatório terá de ser efetuada por uma empresa de construção, em vez de uma empresa que fornece reservatórios como nos casos anteriores. O custo da escavação e transporte de terras é de 7,5 €/m³. De modo a efetuar o cálculo correto do volume de terras a remover, calcularam-se as dimensões do reservatório. Assim, considerando uma altura do reservatório de 5 m, o comprimento e a largura serão de 8,5 m, aproximadamente. Considerou-se ainda que a espessura das paredes é de 0,35 m. Estas dimensões traduzem-se num volume total de escavações de 441 m³. O que resulta num custo total de escavações e transporte de 3.310€.

6.2.4 Orçamento para SPRAC

Tendo em vista a obtenção de orçamentos para os diferentes casos estudados, foram contactadas empresas da especialidade em Portugal (QUADRO 6.11). Receberam-se três propostas, sendo que uma corresponde ao SPRAC para a habitação multifamiliar, pela empresa *Ecodepur*, e as restantes correspondem ao SPRAC para a habitação unifamiliar, e foram fornecidas pela *Ecodepur* e pela *All Aqua*.

QUADRO 6.11 - Custos de diferentes SPRAC fornecidos por algumas empresas portuguesas

Empresa fornecedora	Equipamento	Custo do sistema	Custo + IVA 23%
Ecodepur	Modelo BIOX 20 $\approx 5\text{m}^3$ (24 utilizadores), Quadro de Comando e Controlo, Transporte	5.974,20€	7.348,27€
Ecodepur	Modelo BIOX 6 $\approx 1,28\text{m}^3$ (6 utilizadores), Quadro de Comando e Controlo, Transporte	2.792,50€	3.434,78€
Acqua Business/ All Aqua	Reservatório GREM1000 (6 utilizadores), Sistema de bombagem, Tubagem e Acessório, Montagem e Transporte	14.495,00€	17.828,85€

Pela análise do QUADRO 6.11, nota-se a discrepância entre os valores orçamentados para a habitação unifamiliar. Deste modo, a escolha cairá sobre as propostas efetuadas pela *Ecodepur*. O que se traduz num custo de 5.974,20€+IVA para a habitação multifamiliar com 24 utilizadores estimados e num custo de 2.792,50€+IVA para a habitação unifamiliar com 4 utilizadores, podendo o sistema ser utilizado por 6 indivíduos.

Para a escola, considerou-se que, a maneira mais interessante de instalar um SPRAC seria pela introdução de reservatórios BIOX 20 em pontos estratégicos. A instalação efetuada deste modo evita o transporte de parte da água cinzenta e diminui o custo com tubagens. Sabendo que por dia estão disponíveis $10,5\text{m}^3$ de águas cinzentas, provenientes de lavatórios e de chuveiros, e considerando que raramente se enche o reservatório, o ideal será a adoção de dois reservatórios BIOX 20, com 5m^3 cada um. O que se traduz num custo total de 11.948,40€+IVA.

6.2.5 Instalação do SPRAC

Tal como no caso anterior, o reservatório será enterrado, de modo a estar protegido da luz solar e a não ocupar muito espaço, levando à necessidade de movimentações de terras para a instalação do reservatório e das tubagens de alimentação da edificação. A escavação deverá ser feita tendo em consideração as boas práticas de construção e todas as normas de segurança, sobretudo as regras do LNEC, recorrendo a escavação em talude, escoramento e entivação, sempre que seja necessário.

A escavação deverá ser efetuada com as seguintes dimensões:

- a) Comprimento: $(L + 1,0)m$ 6.4
- b) Largura: $(l + 1,0)m$ 6.5

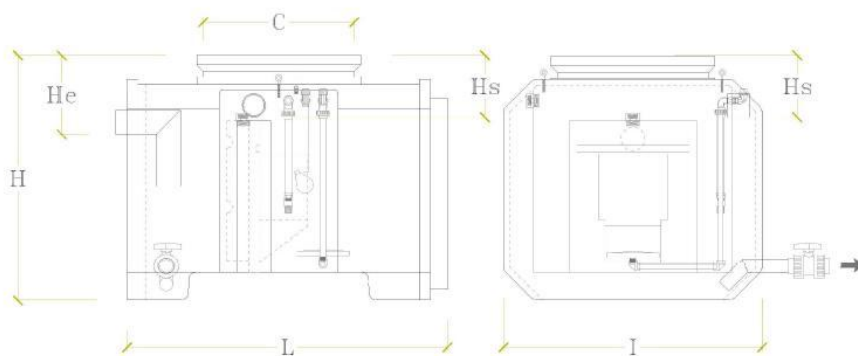


Figura 6.3 - Esquema do reservatório do SPRAC para a habitação unifamiliar, sistema BIOX 6
Fonte: Ecodepur, s.d.

A profundidade de escavação deverá atender ao perfil hidráulico da instalação, tendo em conta a altura da cisterna e, considerando que a boca de entrada para o reservatório deverá ficar no exterior. O reservatório escolhido para a habitação unifamiliar tem um volume de 1,280 m³, um comprimento (L) de 1.485 mm, uma largura (I) de 1,200 mm e uma altura (H) de 1.140 mm (Figura 6.3).

Assim, o volume total de terras a movimentar será de 6,5 m³. Deve aplicar-se uma camada de 10 a 15 cm de areia para constituir uma “almofada” para receber o reservatório.

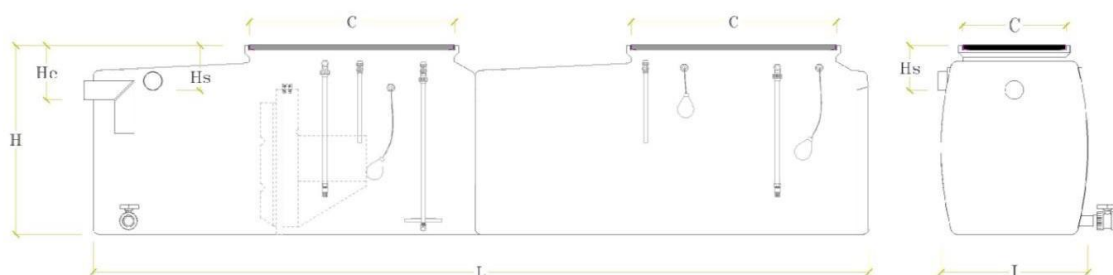


Figura 6.4 - Esquema do reservatório do SPRAC para a habitação multifamiliar e para a escola, sistema BIOX 20

Fonte: Ecodeupr, s.d.

O reservatório selecionado para a habitação multifamiliar tem um volume de 4,896 m³, um comprimento (L) de 5.078 mm, uma largura (I) de 960 mm e uma altura (H) de 1.238 mm. Assim, o volume total de escavações é de 14,75 m³ (Figura 6.4).

Para a escola, o volume total de escavações serão o dobro do caso anterior, ou seja, 29,5 m³.

Os preços dos trabalhos de construção civil, como a movimentação de terras e a instalação da rede de abastecimento de água foram gerados pelo programa de cálculo de preços *Cype* e consultando profissionais da área. Assim, obteve-se um preço incluindo a escavação de valas, o aterro com os produtos sobranes da escavação, o fornecimento e montagem das tubagens em PEAD e o fornecimento e montagem das válvulas de seccionamento de 987,10€, para a habitação unifamiliar. Para a habitação multifamiliar, e considerando as mesmas atividades, obteve-se um preço total de 1.089,90€. Incluindo o IVA à taxa atual de 23%. Finalmente, para a escola, obteve-se um custo de 2.179,80€, com IVA incluído.

6.2.6 Orçamento para sistema misto

Do contacto com diversas empresas da especialidade apenas foi possível obter um orçamento para a habitação unifamiliar e um orçamento para a habitação multifamiliar, pela empresa *Ambietel*. No QUADRO 6.12 que se segue estão apresentados os valores para os sistemas mistos.

QUADRO 6.12 - Custos dos sistemas mistos apresentados pela Ambietel

Empresa fornecedora	Equipamento	Custo do sistema	Custo + IVA 23%
Ambietel (habitação unifamiliar)	Pré-filtro, grupo de pressurização, filtração, desinfecção, reservatório de 2 m ³ , sistema de <i>back up</i>	4.500€	5.535€
Ambietel (habitação multifamiliar)	Pré-filtro, grupo de pressurização, filtração, desinfecção, reservatório de 2 m ³ , sistema de <i>back up</i>	4.400€	5.412€

Os equipamentos apresentados fazem o aproveitamento de água pluvial e água de banhos e duchas, para uso em autoclismos, rega e lavagens exteriores. A água dos duchos e lavatórios e a água pluvial recolhida através de caleiras é conduzida pelo tubo de queda, passando pelo pré-filtro, sendo inicialmente acumulada num poço de bombagem e novamente filtrada, desinfetada e armazenada no reservatório.

Em termos de custos com água potável proveniente da rede pública, estes serão semelhantes aos custos com a instalação de um SPRAC para ambas as habitações. Isto deve-se à fraca precipitação registada nos meses secos, sendo que, nos meses chuvosos, a água cinzenta produzida continua a ser suficiente para suprir as necessidades. Ainda assim, este sistema poderá ser apropriado, tanto nos meses chuvosos como nos meses secos, caso haja alguma necessidade extra de água, quando a água cinzenta não seja suficiente para a suprir.

6.2.7 Custo total da instalação de um SAAP, de um SPRAC e de Sistema misto

Após a pesquisa e cálculo dos preços de todos os materiais, serviços e equipamentos necessários à instalação de sistemas de aproveitamento de água, calcularam-se os preços finais para cada medida de poupança a implementar nas habitações unifamiliar e multifamiliar e na escola. Para a aplicação de dispositivos eficientes consideraram-se duas casas de banho em cada habitação (QUADRO 6.13).

Para a Escola Secundária, no caso de implantação de um SAAP, com dispositivos eficientes, teve-se também em conta o custo com água potável para autoclismos nos meses em que há aulas mas não chove, considerando-se para tal os meses de maio, junho e setembro.

QUADRO 6.13 - Custo de implementação das diversas medidas de poupança

Medida	Custo + IVA 23% (€)
Habitação Unifamiliar (4 pessoas)	
Instalação de SAAP, com dispositivos convencionais	7.812,70€
Instalação de SAAP, com dispositivos eficientes	8.056,60€
Instalação de SPRAC, com dispositivos convencionais	4.421,88€
Instalação de SPRAC, com dispositivos eficientes	4.665,78€
Instalação sistema misto, com dispositivos convencionais	6.042,34€
Instalação sistema misto, com dispositivos eficientes	6.286,24€
Habitação Multifamiliar (24 pessoas)	
Instalação de SAAP, com dispositivos convencionais	20.506,65€
Instalação de SAAP, com dispositivos eficientes	21.970,05€
Instalação de SPRAC, com dispositivos convencionais	8.438,17€
Instalação de SPRAC, com dispositivos eficientes	9.901,57€
Instalação sistema misto, com dispositivos convencionais	6.681,10€
Instalação sistema misto, com dispositivos eficientes	8.144,50€
Escola Secundária	
Instalação de SAAP, com dispositivos eficientes	25.699,88€
Instalação de SPRAC, com dispositivos eficientes	16.876,33€

6.3 Análise Económica dos Sistemas

Antes de se tomar a decisão de instalação de um SAAP ou de SPRAC, é aconselhável a aferição da viabilidade económica dos mesmos. Este estudo será efetuado tendo em conta múltiplas alternativas, sendo que cada uma será analisada do ponto de vista económico, podendo a solução mais económica não ser a mais adequada ao caso de estudo. Como principal objetivo surge a maximização da relação benefício/custo.

6.3.1 Benefícios e Custos

Os benefícios dividem-se em primários e secundários. Podem definir-se os benefícios primários como os valores dos serviços e produtos que afetam diretamente o projeto. Assim, os benefícios secundários podem ser atribuídos ao projeto, como os benefícios ambientais ou macroeconómicos regionais (por exemplo, neste caso, a diminuição de efluentes a tratar pelas ETAR) (Bertolo, 2006).

Os custos dividem-se em custos de primeiro investimento e custos de exploração. Os custos de primeiro investimento dizem respeito aos gastos de implantação do sistema, incluindo os estudos, projetos, levantamentos e construção do empreendimento. Os custos de exploração, incluem a operação e a manutenção, e dizem respeito a despesas como a energia, a mão-de-

obra, equipamentos, e todos os custos que estejam relacionados a gastos de limpezas, inspeções e revisões que sejam necessárias ao equipamento.

6.3.2 Retorno sobre investimento

O retorno sobre o investimento (ROI – *return on investment*) representa a relação entre o dinheiro ganho pelo investimento e o valor investido no mesmo. Neste caso, fornece o retorno do investimento em relação aos benefícios em meses ou em anos. De modo a avaliar qual a solução com melhor viabilidade económica será determinado o período de ROI para cada caso. Este período é facilmente alcançado através da expressão:

$$ROI = \frac{Bi}{Ci} \quad 6.6$$

Onde,

ROI – Retorno sobre o investimento,

Bi – Benefícios,

Ci – Custos.

Ao ser invertida a anterior expressão obtém-se o período necessário para se reaver o capital investido.

Os benefícios foram facilmente calculados fazendo a subtração do custo anual de água potável para cada caso ao custo anual sem qualquer medida de poupança adotada, vindo o valor poupado por ano. No caso da habitação multifamiliar considerou-se o total do edifício.

No quadro que se segue (QUADRO 6.14), estão apresentados os valores de custos e de benefícios para cada caso bem como o período de ROI.

QUADRO 6.14 - Custos, benefícios e período de ROI para cada caso estudado

Medida	Custo do sistema+ IVA 23% (€)	Benefício anual (€)	ROI (anos)
Habitação Unifamiliar (4 pessoas)			
Instalação de SAAP, com dispositivos convencionais	7.812,70€	356,43 €	22
Instalação de SAAP, com dispositivos eficientes	8.056,60€	569,53 €	14
Instalação de SPRAC, com dispositivos convencionais	4.421,88€	260,24 €	17
Instalação de SPRAC, com dispositivos eficientes	4.665,78€	531,54 €	9
Instalação sistema misto, com dispositivos convencionais	6.042,34€	260,24 €	23
Instalação sistema misto, com dispositivos eficientes	6.286,24€	531,54 €	12
Habitação Multifamiliar (24 pessoas)			
Instalação de SAAP, com dispositivos convencionais	20.506,65€	1.081,01 €	19
Instalação de SAAP, com dispositivos eficientes	21.970,05€	2.708,80 €	8
Instalação de SPRAC, com dispositivos convencionais	8.438,17€	1.081,01 €	8
Instalação de SPRAC, com dispositivos eficientes	9.901,57€	2.708,80 €	4
Instalação sistema misto, com dispositivos convencionais	6.681,10€	1.081,01 €	6
Instalação sistema misto, com dispositivos eficientes	8.144,50€	2.708,80 €	3
Escola Secundária			
Instalação de SAAP, com dispositivos eficientes, autoclismos	25.699,88€	4.634,16 €	6
Instalação de SAAP, com dispositivos eficientes, sistema gota a gota	25.699,88€	4.344,48 €	6
Instalação de SPRAC, com dispositivos eficientes	16.876,33€	4.634,16 €	4

Estudando o QUADRO 6.14, nota-se uma discrepância entre os diversos valores de períodos de retorno do investimento consoante o sistema escolhido.

Para a habitação unifamiliar o maior período de ROI é de 23 anos para a instalação de um sistema misto. Este valor faz com que se exclua à partida esta solução e deve-se ao elevado investimento inicial necessário e aos baixos benefícios económicos que produz. De salientar que o menor período de ROI provém da instalação de um SPRAC juntamente com dispositivos eficientes, com 9 anos. O baixo valor de período de ROI deve-se a um investimento inicial (do sistema e dos dispositivos) mais reduzido e aos elevados benefícios devidos à poupança de água pela utilização de água cinzenta combinada com os dispositivos com elevada eficiência hídrica, o que diminui a fatura de água potável da rede pública.

No caso da habitação multifamiliar, apenas a instalação de um SAAP, mantendo os dispositivos convencionais apresenta um período de ROI elevado, de 19 anos. As restantes soluções apresentam valores inferiores a 9 anos. Estes valores interessantes devem-se ao baixo custo de implementação dos sistemas de poupança de água que são capazes de gerar poupanças significativas na conta mensal de água. De notar que a instalação de equipamentos eficientes leva à redução do período de ROI para metade dos casos com dispositivos convencionais, apesar de o investimento ser superior.

Por fim, para a escola secundária, todas as soluções apresentam períodos de ROI baixos, de 6 e 4 anos, não sendo muito diferentes. Analisando as possibilidades a instalação de um SPRAC seria a melhor solução pois apresenta o menor investimento inicial e o menor período de retorno do investimento.

6.3.3 Análise de Investimentos

Para se aceder a uma alternativa de estimativa de poupança com a instalação de um SAAP e de um SPRAC compararam-se quatro situações distintas, para a habitação unifamiliar, para a habitação multifamiliar e para a escola:

1. Não se investe em nenhum sistema e aplica-se o dinheiro do possível investimento num depósito a prazo;
2. Investe-se no SAAP;
3. Investe-se no SPRAC;
4. Investe-se num sistema misto.

Para tal, foi desenvolvida uma folha de cálculo no programa *Excel* de modo a analisar o investimento. Esta folha apresenta como dados de entrada:

- a) Valor inicial do investimento, I_0 (€), que representa o custo de aquisição e aplicação dos sistemas;
- b) Volume anual de água pluvial/ água cinzenta aproveitada com o SAAP/ SPRAC, V_{anual} (m^3);
- c) Custo do m^3 de água da rede de abastecimento público que foi substituída com água aproveitada, devido ao sistema, c (€). Uma vez que a tarifa de abastecimento de água não é fixa, o valor será obtido dividindo o custo total pelo volume de água para cada habitação;
- d) Custo de manutenção do sistema, M (€). Admite-se que o custo anual de manutenção é de 15 €/ano, correspondendo a duas horas de mão-de-obra para duas lavagens anuais necessárias.
- e) Taxa de depreciação do sistema, t_{desv} (%), que representa o valor da desvalorização do sistema instalado por ano (PwC, 2012);
- f) Taxa de inflação, t_{inf} (%), que é o valor anual do crescimento dos preços, representando uma desigualdade entre a oferta e a procura de bens e serviços. A taxa atual situa-se nos 2,9%;
- g) Taxa de juro, t_{juro} (%), representa o valor de rendimento do depósito a prazo. Será considerado um caso de depósito a prazo com taxa de juro de 3% por ano e um caso com taxa de juro média de 3,75% ao ano, a 3 anos (Caixa Geral de Depósitos).

O benefício gerado pelo sistema escolhido, será o benefício anual, B, e será calculado pela seguinte expressão:

$$B = c \times V_{anual} - M \quad 6.7$$

Ao analisar as três situações distintas, vem para o primeiro ano:

1. Ao aplicar o dinheiro num depósito a prazo:

$$I_0 \times (1 + t_{juro}) \quad 6.8$$

2. Investindo no SAAP:

- 2.1. O valor residual do SAAP:

$$I_0 \times (1 - t_{desv}) \times (1 + t_{inf}) \quad 6.9$$

- 2.2 O benefício anual: B

Para a terceira situação, a instalação de um SPRAC, o valor residual e o benefício anual serão iguais ao segundo caso.

Analisando as mesmas situações ao fim de dois anos, vem:

1. Ao aplicar o dinheiro num depósito a prazo:

$$I_0 \times (1 + t_{juro})^2 \quad 6.10$$

2. Investindo no SAAP:

- 2.1. O valor residual do SAAP:

$$I_0 \times (1 - t_{desv} \times 2) \times (1 + t_{inf})^2 \quad 6.11$$

- 2.2 O benefício anual:

$$B \times (1 + t_{juro}) + B \times (1 + t_{inf}) \quad 6.12$$

Para a terceira situação, a instalação de um SPRAC, o valor residual e o benefício anual serão iguais ao segundo caso.

Analisando as mesmas situações ao fim de três anos, vem:

1. Ao aplicar o dinheiro num depósito a prazo:

$$I_0 \times (1 + t_{juro})^3 \quad 6.13$$

2. Investindo no SAAP:

- 2.1. O valor residual do SAAP:

$$I_0 \times (1 - t_{desv} \times 3) \times (1 + t_{inf})^3 \quad 6.14$$

- 2.2 O benefício anual:

$$B \times (1 + t_{juro})^2 + B \times (1 + t_{inf}) \times (1 + t_{juro}) + B \times (1 + t_{inf})^2 \quad 6.15$$

Para a terceira situação, a instalação de um SPRAC ou de um sistema misto, o valor residual e o benefício anual serão iguais ao segundo caso.

Resultando, ao fim de n anos em:

1. Ao aplicar o dinheiro num depósito a prazo:

$$I_0 \times (1 + t_{juro})^n \quad 6.16$$

2. Investindo no SAAP:

- 2.1. O valor residual do SAAP:

$$I_0 \times (1 - t_{desv} \times n) \times (1 + t_{inf})^n \quad 6.17$$

- 2.2 O benefício anual:

$$\sum_{x=0}^{n-1} [B \times (1 + t_{juro})^x \times (1 + t_{inf})^{n-x-1}] \quad 6.18$$

Para a terceira situação, a instalação de um SPRAC, o valor residual e o benefício anual serão iguais ao segundo caso.

Assim, o valor resultante entre as situações, ou 2-1, ou 3-1, ou ainda 4-1, será o lucro devido à instalação dos sistemas, em relação à alternativa de investimento num depósito a prazo. A determinação da viabilidade económica resume-se na determinação da altura em que as receitas geradas superam o investimento inicial.

6.3.4 Aplicação ao Caso de Estudo

Em seguida, serão apresentadas as seis situações em que se beneficia da água pluvial e/ou da água cinzenta (Hipóteses I, II, III, IV, V e VI), assim como os resultados da análise económica para os diferentes sistemas instalados.

Os preços da água foram calculados através de uma média aritmética, uma vez que dependem das tarifas variáveis de abastecimento de água, saneamento e resíduos sólidos, excluindo as taxas de disponibilidade, pois não dependem do consumo. Os custos destas tarifas encontram-se no QUADRO 6.5 e no QUADRO 6.6, para a habitação unifamiliar e multifamiliar, respetivamente.

Para a habitação multifamiliar, considerou-se que o mesmo SAAP ou o mesmo SPRAC abastecem os seis apartamentos. Sendo depois o custo dividido pelo total de apartamentos, para atingir a estimativa para cada agregado.

Em relação ao preço do metro cúbico da água no município de Almada, realizou-se uma média aritmética para cada caso, pois o preço da água varia consoante o escalão da habitação não sendo os escalões constantes. Os valores incluem as tarifas variáveis de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais e de resíduos sólidos. Assim, os valores para o metro cúbico de água apresentam-se no QUADRO 6.15.

QUADRO 6.15 - Preço do m³ de água para cada habitação

Medida	Custo do m ³ de água (€)
Habitação Unifamiliar (4 pessoas)	
SAAP com dispositivos convencionais	1,93€
SAAP com dispositivos eficientes	1,81€
SPRAC com dispositivos convencionais	2,03€
SPRAC com dispositivos eficientes	1,80€
Sistema misto com dispositivos convencionais	2,03€
Sistema misto com dispositivos eficientes	1,80€
Habitação Multifamiliar (24 pessoas)	
SAAP com dispositivos convencionais	2,03€
SAAP com dispositivos eficientes	1,80€
SPRAC com dispositivos convencionais	2,03€
SPRAC com dispositivos eficientes	1,80€
Sistema misto com dispositivos convencionais	2,03€
Sistema misto com dispositivos eficientes	1,80€

A discrepância entre os valores de preço por metro cúbico de água potável para a habitação unifamiliar e multifamiliar, no caso de instalação de um SAAP, deve-se à consideração da utilização desta água apenas para autoclismos na habitação multifamiliar, enquanto na habitação unifamiliar considera-se que a água pluvial também é aproveitada para rega.

6.3.4.1 Hipótese I

A Hipótese I representa a instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) mantendo os dispositivos convencionais, para a habitação unifamiliar e para a habitação multifamiliar. Na Figura 6.5 e na Figura 6.6 apresentam-se os gráficos que permitem visualizar o “saldo”, em euros, em função do tempo, em anos, para um reservatório de 5 m³ e para um reservatório de 30 m³, com taxas de juro de 3% e 3,75%.

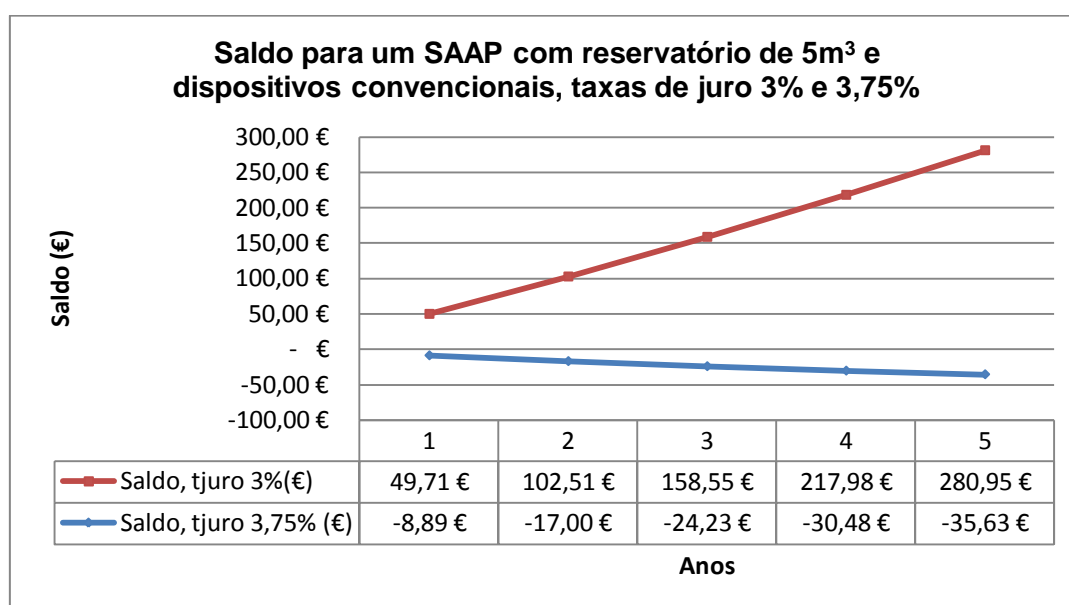


Figura 6.5 - Saldo para um SAAP com reservatório de 5m³ e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%

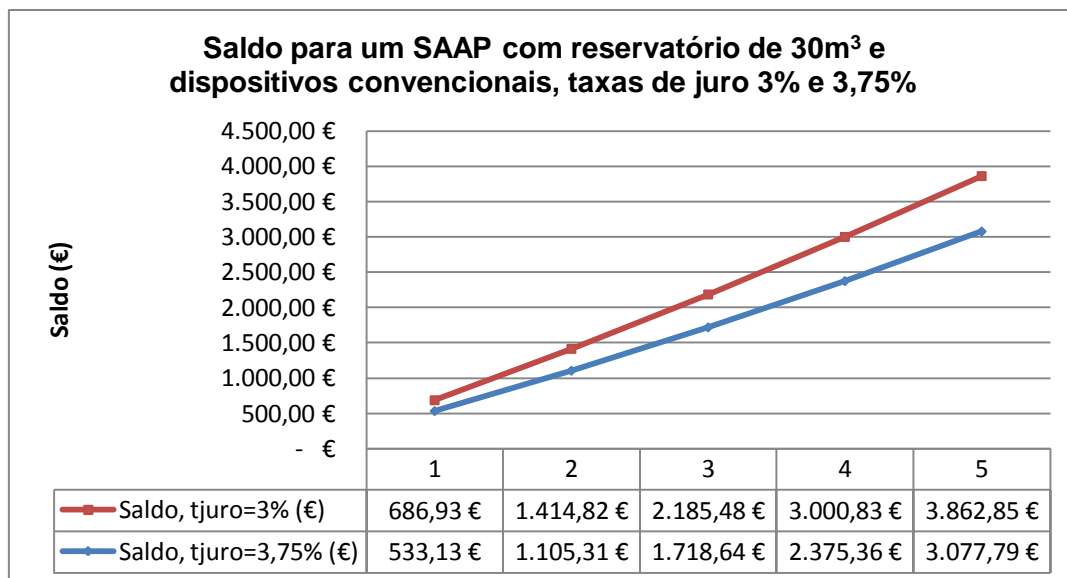


Figura 6.6 - Saldo para um SAAP com reservatório de 30m³ e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%

Pela análise da Figura 6.6 verifica-se que o investimento na instalação de um SAAP é lucrativo para uma taxa de juro de 3% ao ano, sendo que no primeiro ano tem-se um lucro, comparativamente ao depósito a prazo de 49,71€. Para uma TANB média de 3,75% o investimento num SAAP já não apresenta o mesmo valor do ponto de vista económico, sendo mais rentável investir num depósito a prazo. O saldo apresenta-se ligeiramente negativo pois é mais lucrativo investir no depósito a prazo com taxa de juro de 3,75%. Contudo, esta tendência será contrariada ao fim de alguns anos, com saldo positivo ao fim de 20 anos.

Observando a Figura 6.6, considerando um reservatório de 30 m³ e dispositivos convencionais, verifica-se que o investimento é lucrativo, sendo rentável logo no primeiro ano, quando comparado com o depósito a prazo.

Os valores obtidos para o saldo de cada opção encontram-se no QUADRO 6.16, que se segue.

QUADRO 6.16 - Saldo para cada habitação na Hipótese I

Habitação Unifamiliar		
Ano	Saldo, t _{juro} 3% (€)	Saldo, t _{juro} 3,75% (€)
1	49,71 €	- 8,89 €
2	102,51 €	- 17,00 €
3	158,55 €	- 24,23 €
4	217,98 €	- 30,48 €
5	280,95 €	- 35,63 €
20	1.778,73 €	125,53 €
Habitação Multifamiliar		
Ano	Saldo, t _{juro} 3% (€)	Saldo, t _{juro} 3,75% (€)
1	686,93 €	533,13 €
2	1.414,82 €	1.105,31 €
3	2.185,48 €	1.718,64 €
4	3.000,83 €	2.375,36 €
5	3.862,85 €	3.077,79 €
20	24.004,84 €	21.068,28 €

Em conclusão, para a Hipótese I, o investimento num SAAP é rentável em comparação com o investimento num depósito a prazo, para todas as situações, apesar de no caso da instalação de um SAAP na habitação unifamiliar com dispositivos convencionais e uma taxa de 3,75%, o saldo só se torna positivo ao fim de alguns anos, não sendo o retorno imediato como nos restantes casos.

6.3.4.2 Hipótese II

A hipótese II inclui a instalação de um SAAP e substituição dos dispositivos convencionais por dispositivos eficientes do ponto de vista hídrico. Na Figura 6.7 e na Figura 6.8 apresentam-se os gráficos que permitem visualizar o “saldo”, em euros, em função do tempo, em anos, para um reservatório de 5 m³ e para um reservatório de 30 m³, com dispositivos eficientes, com taxas de juro de 3% e 3,75%.

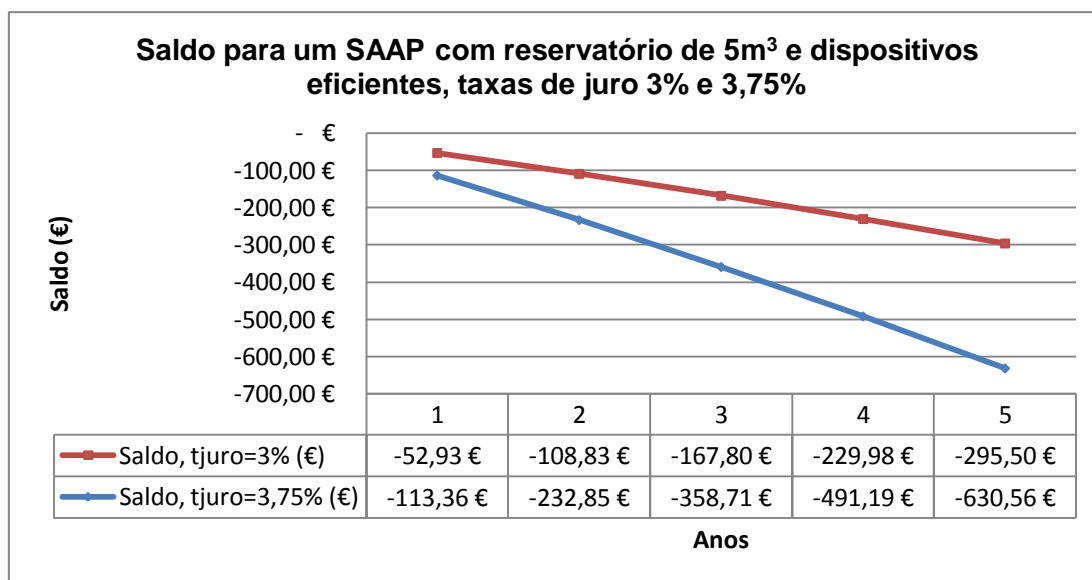


Figura 6.7 - Saldo para um SAAP com reservatório de 5m³ e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%

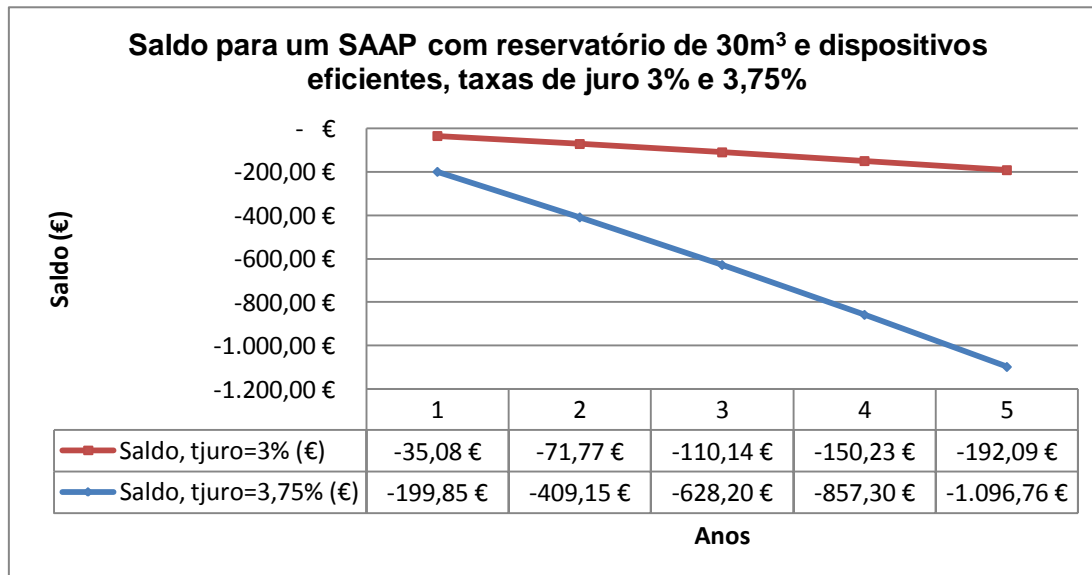


Figura 6.8 - Saldo para um SAAP com reservatório de 30m³ e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%

Para a Hipótese II nenhum caso é rentável economicamente quando comparada com o investimento num depósito a prazo. Isto deve-se ao menor consumo de água e, logo, ao menor preço por metro cúbico de água proveniente da rede pública, bem como, ao investimento nos dispositivos eficientes, que apesar de não ser elevado, contribui para o aumento do investimento inicial (I_0). Deste modo, concluiu-se para a Hipótese II que quanto menor for o consumo e, consequentemente, o gasto em água potável, combinado com o aumento da taxa de juro, menor é a atratividade económica do investimento num SAAP.

Os valores obtidos para o saldo de cada opção encontram-se no QUADRO 6.17, que se segue.

QUADRO 6.17 - Saldo para cada habitação na Hipótese II

Habitação Unifamiliar		
Ano	Saldo, $t_{\text{juro}} 3\%$ (€)	Saldo, $t_{\text{juro}} 3,75\%$ (€)
1	- 52,93 €	- 113,36 €
2	- 108,83 €	- 232,85 €
3	- 167,80 €	- 358,71 €
4	- 229,98 €	- 491,19 €
5	- 295,50 €	- 630,56 €
20	- 1.786,37 €	- 3.753,83 €
Habitação Multifamiliar		
Ano	Saldo, $t_{\text{juro}} 3\%$ (€)	Saldo, $t_{\text{juro}} 3,75\%$ (€)
1	- 35,08 €	- 199,85 €
2	- 71,77 €	- 409,15 €
3	- 110,14 €	- 628,20 €
4	- 150,23 €	- 857,30 €
5	- 192,09 €	- 1.096,76 €
20	- 1.074,36 €	- 6.164,09 €

6.3.4.3 Hipótese III

A Hipótese consiste na implantação de um SPRAC nas habitações unifamiliar e multifamiliar, considerando dispositivos convencionais. Neste caso, os reservatórios são de 1,28 m³ e de 5 m³, respetivamente. Na Figura 6.9 e na Figura 6.10 apresentam-se os gráficos com o saldo do investimento nesta solução quando comparada com o investimento num depósito a prazo de 3% ou 3,75% por ano, para 5 anos.

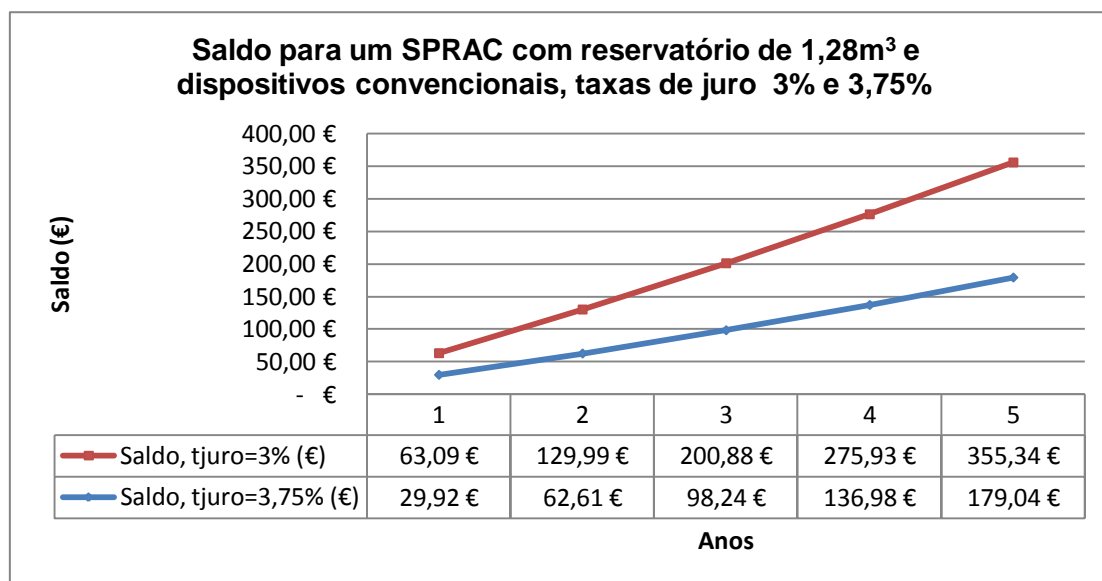


Figura 6.9 - Saldo para um SPRAC com reservatório de 1,28m³ e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%

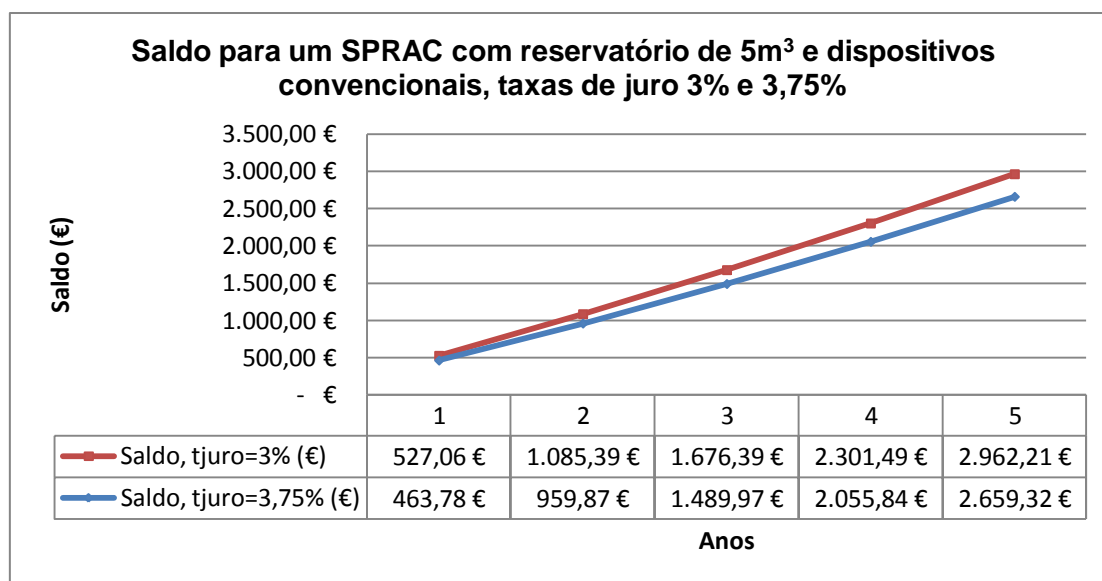


Figura 6.10 - Saldo para um SPRAC com reservatório de 5m³ e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%

A instalação de um SPRAC, mantendo os dispositivos convencionais, apresenta-se como uma solução economicamente viável, quando comparada com o investimento num depósito a prazo com taxas de 3% ou 3,75%. Apesar de o consumo de água potável e o preço por metro cúbico de água serem os mesmos, pois na habitação unifamiliar considera-se a reutilização de águas cinzentas para autoclismos e rega e na habitação multifamiliar considera-se para autoclismos, não sendo considerada rega, o investimento é mais rentável para os apartamentos do segundo caso. Dividindo o saldo pelos seis apartamentos da habitação multifamiliar, tanto o investimento inicial para cada um, como o saldo logo no primeiro ano, são consideravelmente superiores ao resultado obtido para a habitação unifamiliar. Isto deve-se ao menor custo do SPRAC com volume superior.

Os valores obtidos para o saldo de cada opção encontram-se no QUADRO 6.18, que se segue.

QUADRO 6.18 - Saldo para cada habitação na Hipótese III

Habitação Unifamiliar		
Ano	Saldo, t _{juro} 3% (€)	Saldo, t _{juro} 3,75% (€)
1	63,09 €	29,92 €
2	129,99 €	62,61 €
3	200,88 €	98,24 €
4	275,93 €	136,98 €
5	355,34 €	179,04 €
20	2.221,34 €	1.373,77 €
Habitação Multifamiliar		
Ano	Saldo, t _{juro} 3% (€)	Saldo, t _{juro} 3,75% (€)
1	527,06 €	463,78 €
2	1.085,39 €	959,87 €
3	1.676,39 €	1.489,97 €
4	2.301,49 €	2.055,84 €
5	2.962,21 €	2.659,32 €
20	18.370,16 €	17.777,89 €

6.3.4.4 Hipótese IV

A Hipótese IV compreende a instalação de um SPRAC e de dispositivos eficientes numa habitação unifamiliar e numa habitação multifamiliar. Em seguida, na Figura 6.11 e na Figura 6.12 estão apresentados os valores alcançados para o saldo, quando comparados com o investimento num depósito a prazo com taxas de 3% ou 3,75%, a 5 anos.

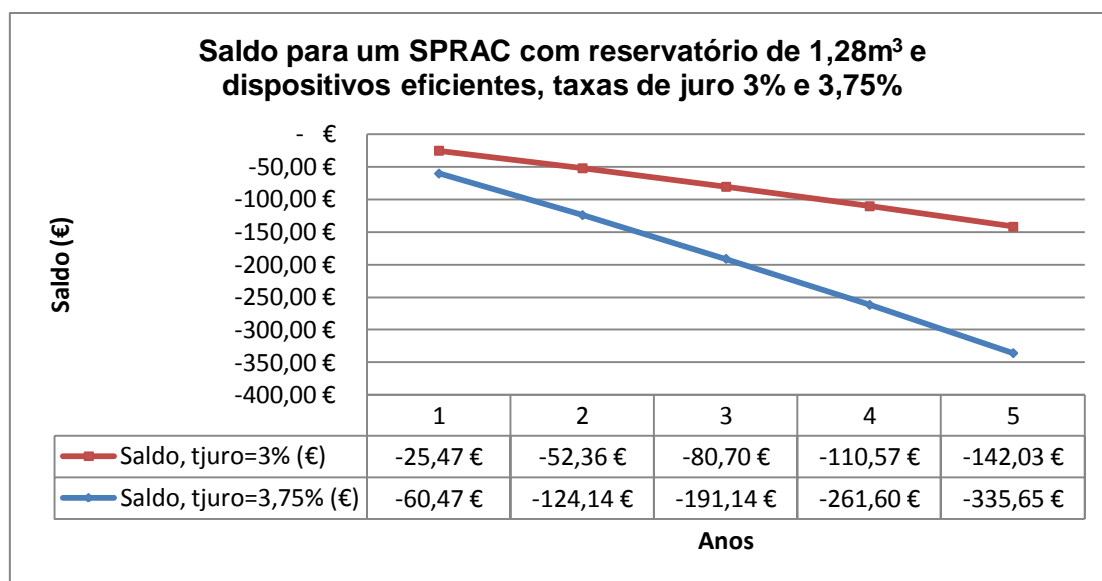


Figura 6.11 - Saldo para um SPRAC com reservatório de 1,28m³ e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%

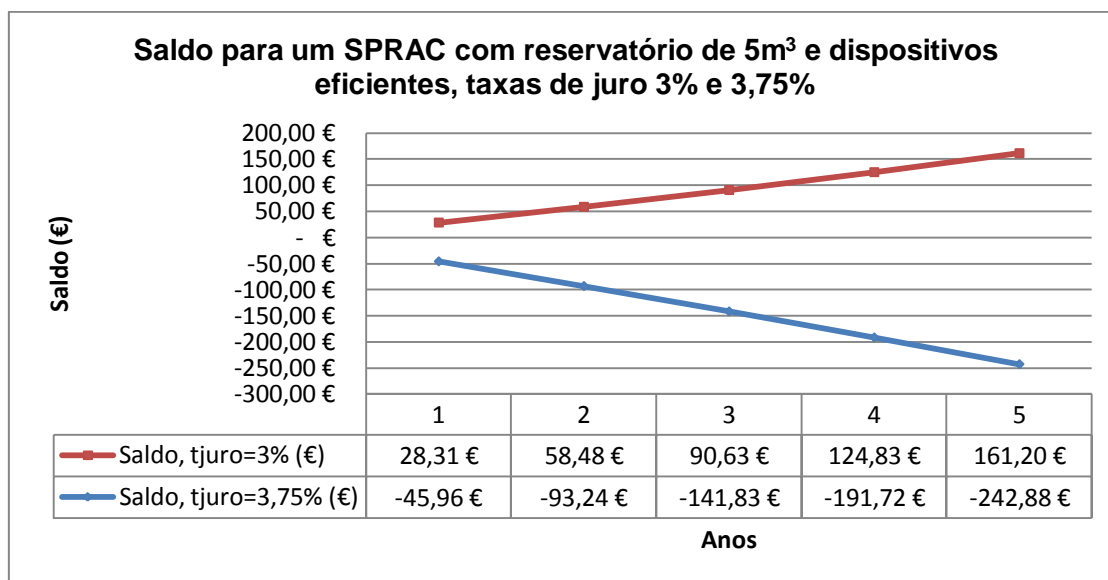


Figura 6.12 - Saldo para um SPRAC com reservatório de 5m³ e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%

Em concordância com o exposto anteriormente, o investimento num SPRAC com a instalação de dispositivos eficientes não é economicamente viável, em comparação com o investimento num depósito a prazo, para três dos casos. Caso que se agrava com o aumento da taxa de juro. O facto de o investimento inicial ser mais elevado aliado à diminuição do consumo e do preço do metro cúbico de água inviabiliza esta hipótese do ponto de vista económico. Contudo, no caso da instalação de um SPRAC na habitação multifamiliar, o investimento torna-se atrativo logo no primeiro ano, pois o investimento inicial quando comparado com o caso da habitação unifamiliar é menor a esta escala, 24 habitantes, e também o consumo, pela ausência de rega.

Os valores obtidos para o saldo de cada opção encontram-se no QUADRO 6.19, que se segue.

QUADRO 6.19 - Saldo para cada habitação na Hipótese IV

Habitação Unifamiliar		
Ano	Saldo, $t_{\text{juro}} 3\%$ (€)	Saldo, $t_{\text{juro}} 3,75\%$ (€)
1	- 25,47 €	- 60,47 €
2	- 52,36 €	- 124,14 €
3	- 80,70 €	- 191,14 €
4	- 110,57 €	- 261,60 €
5	- 142,03 €	- 335,65 €
20	- 854,51 €	- 1.980,85 €

Habitação Multifamiliar		
Ano	Saldo, $t_{\text{juro}} 3\%$ (€)	Saldo, $t_{\text{juro}} 3,75\%$ (€)
1	28,31 €	- 45,96 €
2	58,48 €	- 93,24 €
3	90,63 €	- 141,83 €
4	124,83 €	- 191,72 €
5	161,20 €	- 242,88 €
20	1.048,71 €	- 1.133,95 €

6.3.4.5 Hipótese V

A Hipótese V diz respeito à instalação de um sistema misto, ou seja, um sistema que compreende os benefícios de um SAAP e de um SPRAC, recorrendo a dispositivos convencionais. Nas figuras que se seguem está representada a evolução do saldo quando comparado com depósitos a prazo com taxas de juro de 3% e de 3,75%.

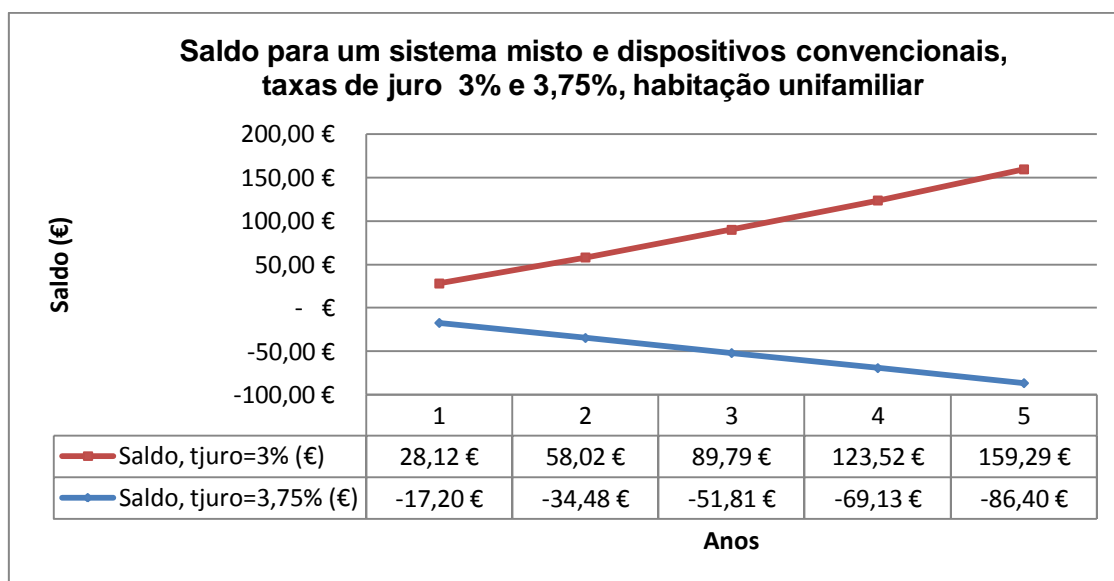


Figura 6.13 - Saldo para um sistema misto e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%, para uma habitação unifamiliar

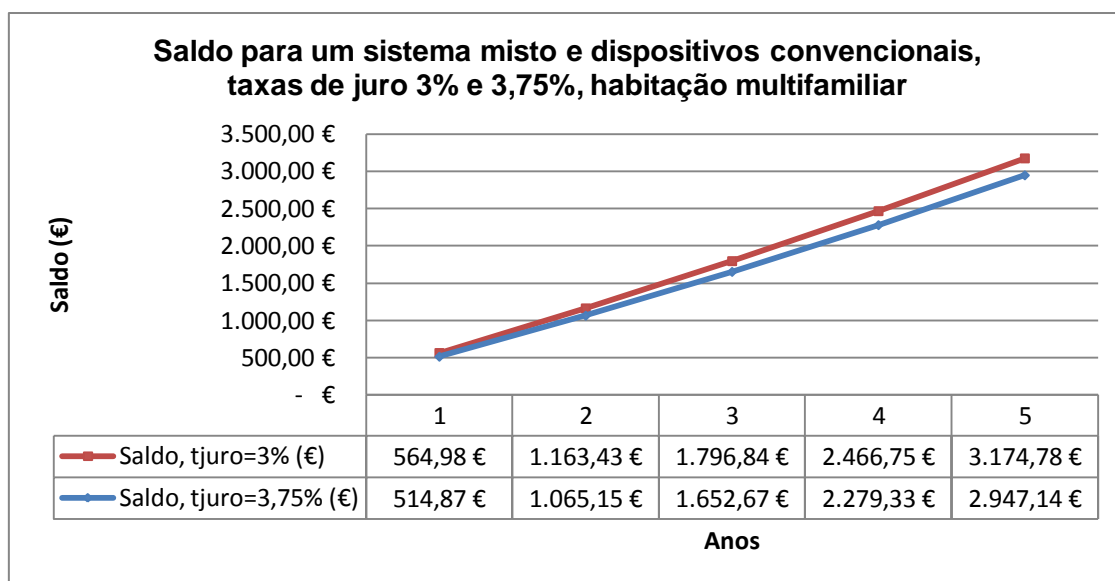


Figura 6.14 - Saldo para um sistema misto e dispositivos convencionais, taxas de juro 3% e 3,75%, para uma habitação multifamiliar

Analisando a Figura 6.13, nota-se que a instalação de um sistema misto evoluiu de maneira positiva quando comparada com o investimento num depósito a prazo com uma taxa de juro de 3%, como já seria de esperar. Em relação ao caso com taxa de 3,75%, a tendência é negativa, devido ao elevado investimento inicial.

Pela Figura 6.14 denota-se que o investimento num sistema misto, para a habitação multifamiliar é economicamente atrativo, em detrimento no investimento em depósitos a prazo, pois o investimento inicial no sistema não é significativo para a dimensão do edifício.

No QUADRO 6.20 estão descritos os valores obtidos de saldo ao longo do tempo para as várias situações.

QUADRO 6.20 - Saldo para cada habitação na Hipótese V

Habitação Unifamiliar		
Ano	Saldo, t _{juro} 3% (€)	Saldo, t _{juro} 3,75% (€)
1	28,12 €	- 17,20 €
2	58,02 €	- 34,48 €
3	89,79 €	- 51,81 €
4	123,52 €	- 69,13 €
5	159,29 €	- 86,40 €
20	1.016,87 €	- 287,74 €
Habitação Multifamiliar		
Ano	Saldo, t _{juro} 3% (€)	Saldo, t _{juro} 3,75% (€)
1	564,98 €	514,87 €
2	1.163,43 €	1.065,15 €
3	1.796,84 €	1.652,67 €
4	2.466,75 €	2.279,33 €
5	3.174,78 €	2.947,14 €
20	19.676,18 €	19.579,48 €

6.3.4.6 Hipótese VI

A Hipótese VI representa o investimento num sistema misto para ambas as habitações, tendo em consideração a instalação de dispositivos de elevada eficiência hídrica. Na Figura 6.15 e na Figura 6.16 apresentam-se as evoluções dos saldos ao longo do tempo.

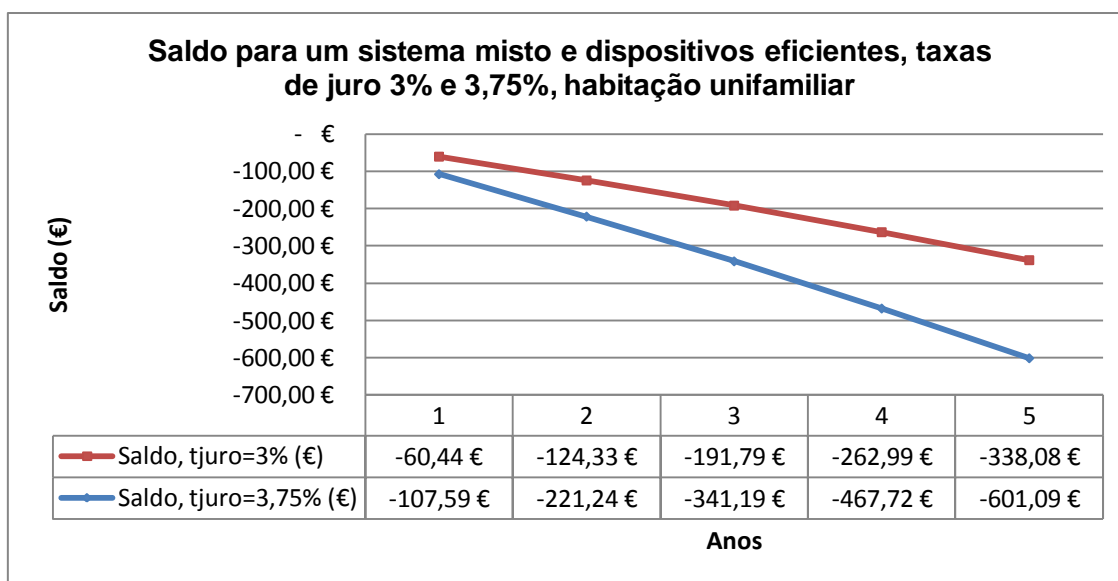


Figura 6.15 - Saldo para um sistema misto e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%, para uma habitação unifamiliar

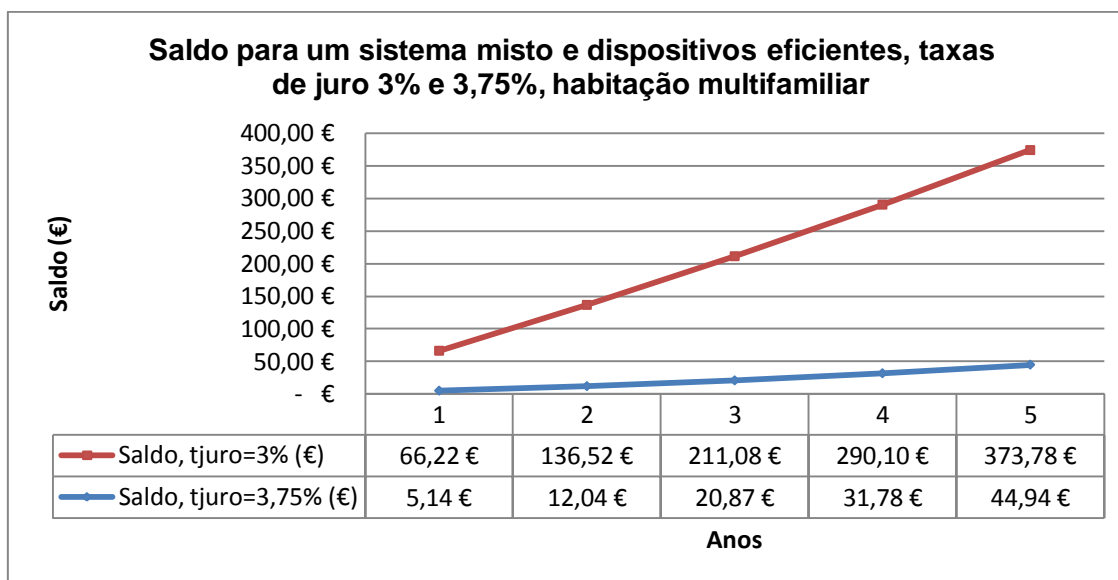


Figura 6.16 - Saldo para um sistema misto e dispositivos eficientes, taxas de juro 3% e 3,75%, para uma habitação multifamiliar

A Figura 6.15 está em concordância com a tendência que se tem verificado para o caso de instalação de dispositivos eficientes na habitação unifamiliar, apresentando um lucro negativo em comparação com os depósitos a prazo. Isto deve-se sobretudo à diminuição do consumo de água potável, pelos dispositivos eficientes, e, logo, a uma menor fatura da água, o que conciliado com o investimento inicial leva a um saldo negativo.

Quando comparado com o caso da habitação multifamiliar (Figura 6.16), este já é mais atrativo, apresentando lucros logo no primeiro ano, em comparação com os depósitos a prazo. Apesar de no caso com taxa de 3,75%, o saldo seja ínfimo. Estes saldos positivos devem-se sobretudo investimento inicial não ser muito significativo (para a habitação unifamiliar é de cerca de 6.280€ e para a habitação multifamiliar é de cerca de 8.100€ a dividir por todos os agregados) e à maior quantidade de água potável que se poupa na totalidade do edifício.

Em seguida apresentam-se os valores de saldo para as várias opções do primeiro ao quinto ano e no vigésimo ano (QUADRO 6.21).

QUADRO 6.21 - Saldo para cada habitação na Hipótese VI

Habitação Unifamiliar		
Ano	Saldo, t_{juro} 3% (€)	Saldo, t_{juro} 3,75% (€)
1	- 60,44 €	- 107,59 €
2	- 124,33 €	- 221,24 €
3	- 191,79 €	- 341,19 €
4	- 262,99 €	- 467,72 €
5	- 338,08 €	- 601,09 €
20	- 2.058,98 €	- 3.642,36 €
Habitação Multifamiliar		
Ano	Saldo, t_{juro} 3% (€)	Saldo, t_{juro} 3,75% (€)
1	66,22 €	5,14 €
2	136,52 €	12,04 €
3	211,08 €	20,87 €
4	290,10 €	31,78 €
5	373,78 €	44,94 €
20	2.354,73 €	667,63 €

6.3.4.7 SAAP para Escola Secundária de Rio Maior

Em seguida serão apresentados os resultados do estudo da viabilidade económica para os dois casos possíveis para a escola. O primeiro caso implica a utilização de águas pluviais apenas para autoclismos, sendo o consumo anual de 1.584 m³, o custo do metro cúbico de água de 2,14€ (Figura 6.17). No segundo caso considera-se a utilização das águas pluviais para a rega por sistema gota a gota, com um consumo anual de 825 m³, sendo o custo metro cúbico de água de 2,15€ (Figura 6.18).

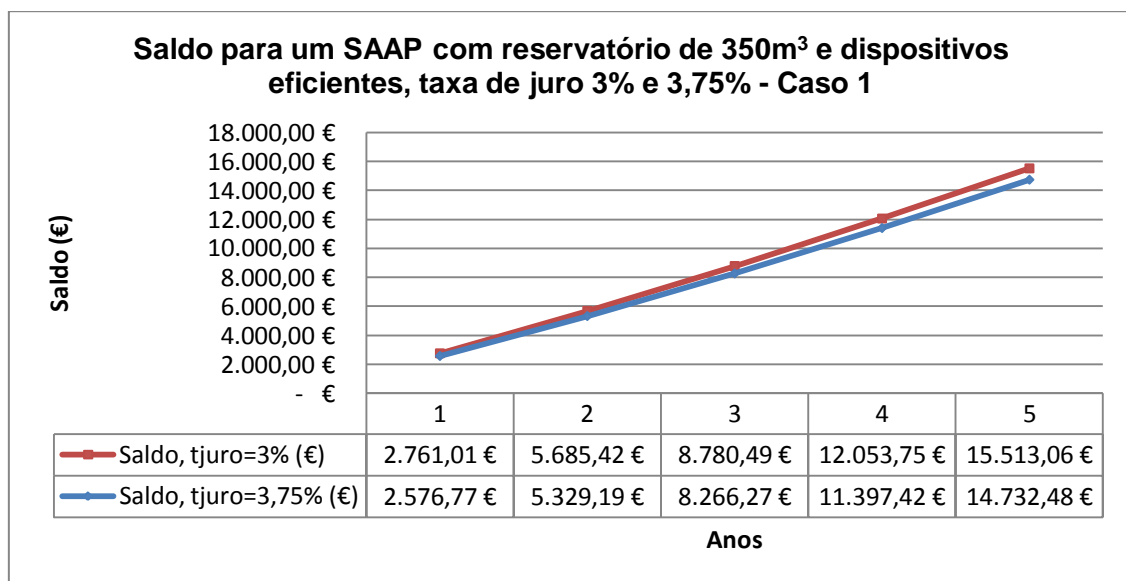


Figura 6.17 - Saldo para um SAAP com reservatório de 350m³ e dispositivos eficientes, taxa de juro 3% e 3,75%, água pluvial para autoclismos

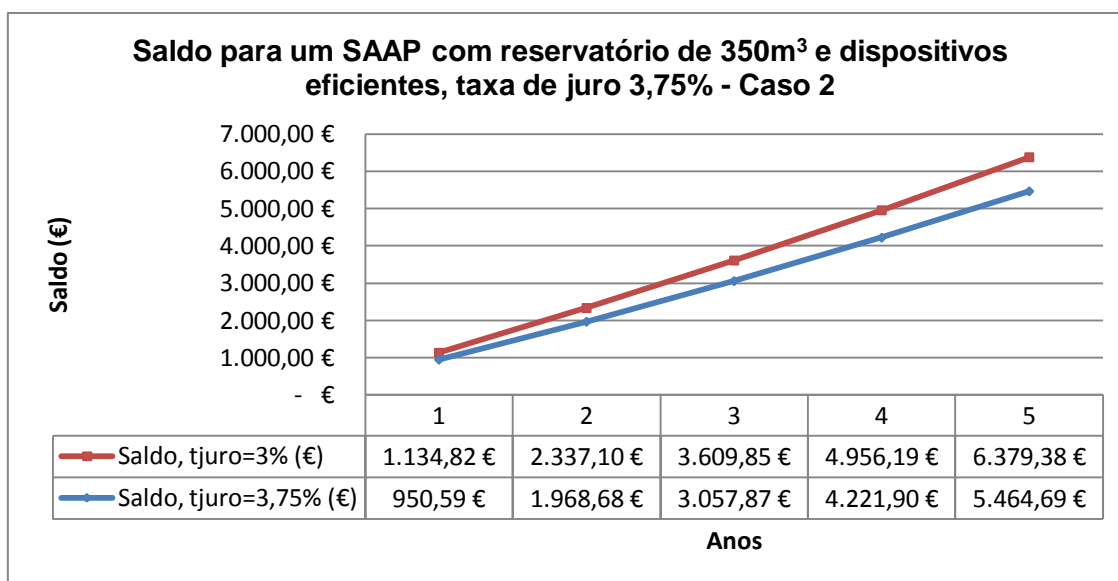


Figura 6.18 - Saldo para um SAAP com reservatório de 350m³ e dispositivos eficientes, taxa de juro 3% e 3,75%, água pluvial para rega por sistema gota a gota

Pela análise de ambos os quadros nota-se que a implementação de um SAAP apresenta aliciantes vantagens económicas quando comparado com o depósito a prazo para as taxas de juro estudadas. Logo desde o primeiro ano de instalação do sistema o saldo é elevado, principalmente para o Caso 1 – utilização de água pluvial para as descargas de autoclismos e urinóis, que apresenta um consumo mais elevado que no Caso 2 – utilização de água pluvial para rega com sistema gota a gota. A viabilidade económica deve-se sobretudo ao elevado preço cobrado por cada metro cúbico de água.

Os valores obtidos para o saldo de cada opção encontram-se no QUADRO 6.22, que se segue.

QUADRO 6.22 - Saldo para o Caso 1 e para o Caso 2 de instalação de um SAAP na escola

Escola Secundária – Caso 1		
Ano	Saldo, $t_{\text{juro}} 3\%$ (€)	Saldo, $t_{\text{juro}} 3,75\%$ (€)
1	2.761,01 €	2.576,77 €
2	5.685,42 €	5.329,19 €
3	8.780,49 €	8.266,27 €
4	12.053,75 €	11.397,42 €
5	15.513,06 €	14.732,48 €
20	96.102,55 €	97.470,52 €
Escola Secundária – Caso 2		
Ano	Saldo, $t_{\text{juro}} 3\%$ (€)	Saldo, $t_{\text{juro}} 3,75\%$ (€)
1	1.134,82 €	950,59 €
2	2.337,10 €	1.968,68 €
3	3.609,85 €	3.057,87 €
4	4.956,19 €	4.221,90 €
5	6.379,38 €	5.464,69 €
20	39.595,01 €	36.863,69 €

6.3.4.8 SPRAC para Escola Secundária de Rio Maior

A implantação de um SPRAC na escola tem a vista a alimentação das necessidades totais de água potável para urinóis e sanitas. Na Figura 6.19, apresenta-se o saldo em relação à comparação entre o investimento no sistema ou o investimento num depósito a prazo com taxas de 3% ou 3,75% ao ano.

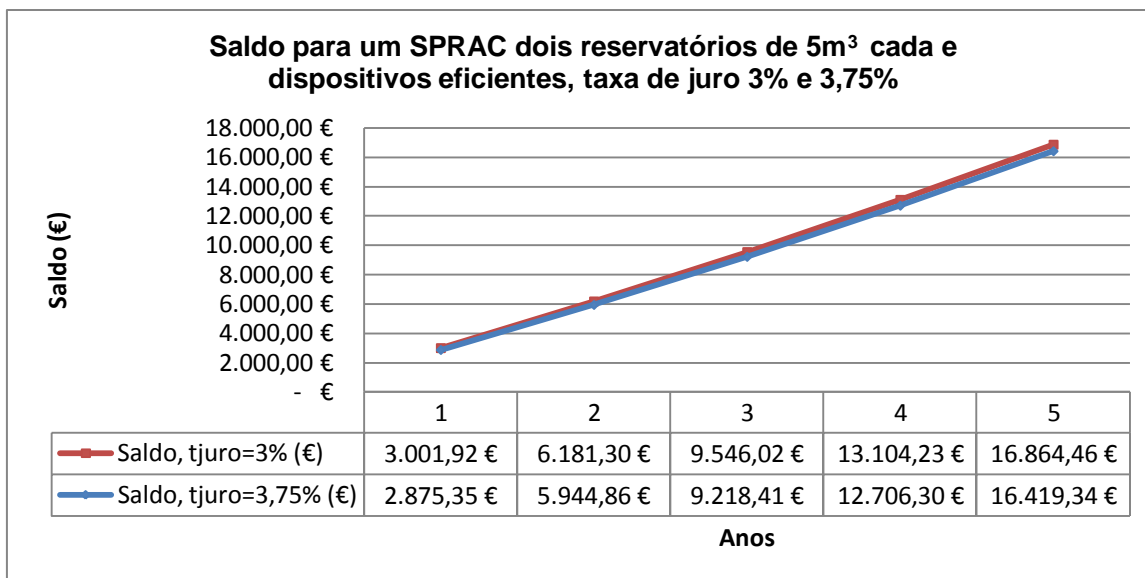


Figura 6.19 - Saldo para um SPRAC dois reservatórios de 5m³ cada e dispositivos eficientes, taxa de juro 3% e 3,75%

Pela Figura 6.19, conclui-se que o investimento num SPRAC para a escola é uma solução bastante atrativa para promover a independência da água potável. Esta solução apresenta-se economicamente viável devido principalmente ao baixo investimento inicial, que acaba por traduzir-se numa poupança de água potável muito significativa, ao fim de um ano podem poupar-se 1584 m³ de água.

Os valores obtidos para o saldo de cada opção encontram-se no QUADRO 6.23, que se segue.

QUADRO 6.23 - Saldo para a instalação de um SPRAC na escola

Escola Secundária – instalação de SPRAC		
Ano	Saldo, tjuro 3% (€)	Saldo, tjuro 3,75% (€)
1	3.001,92 €	2.875,35 €
2	6.181,30 €	5.944,86 €
3	9.546,02 €	9.218,41 €
4	13.104,23 €	12.706,30 €
5	16.864,46 €	16.419,34 €
20	104.423,42 €	108.148,88 €

6.4 Conclusão do Capítulo

Como já foi referido ao longo desta trabalho, o principal fator para o aproveitamento de águas pluviais é a impossibilidade de quantificar no futuro a água disponível e a precipitação. Assim, foi feito um estudo considerando que o aproveitamento de águas pluviais para uma habitação unifamiliar e para uma habitação multifamiliar, na mesma localidade. Para o primeiro caso, considerou-se que a água pluvial poderia ser aproveitada para rega, descargas de autoclismos e máquinas de lavar roupa, o que poderia ser aplicado com um reservatório de 5 m³. Para a habitação multifamiliar, considerou-se que a água pluvial seria encaminhada para as descargas sanitárias, sendo acumulada num reservatório comum de 30 m³.

Os períodos de retorno dos investimentos efetuados revelam que para a habitação unifamiliar e da escola o menor período de ROI é devido à instalação de um SPRAC e de dispositivos eficientes, com valores de 9 e 4 anos, respetivamente. Para a habitação multifamiliar o menor período de ROI calculado foi de 3 anos, com um sistema misto e dispositivos eficientes.

A viabilidade económica obteve-se comparando o investimento num SAAP, considerando a poupança de água potável e dos custos com a mesma, com o investimento num depósito a prazo com taxa de 3% ou de 3,75%.

Após o estudo de viabilidade económica, verifica-se que este sistema só se torna viável, se o consumo de água for elevado, ou seja, se os dispositivos convencionais (torneira, autoclismos, etc.) não forem substituídos e a taxa de juro for de 3%. Para a escola esta solução mostra-se como viável do ponto de vista económico, devido ao elevado custo por metro cúbico de água potável que é cobrado.

Analisando o caso da implantação da reutilização de águas cinzentas, concluiu-se que as disponibilidades diárias de águas cinzentas são suficientes para suprir as necessidades, o que revela uma autonomia do sistema de 100%, fora casos excecionais. Contudo, do ponto de vista económico, a solução torna-se pouco atrativa, nos casos em que são instalados dispositivos eficientes, que traduzem uma diminuição considerável do consumo de água potável e do preço por metro cúbico. Para o caso da escola, esta solução apresenta-se muito viável do ponto de vista económico, com ganhos no primeiro ano de cerca de 2.875,00€, quando comparada com um depósito a prazo com taxa de juro média de 3,75%/ano.

Por fim, o caso da instalação de um sistema misto revela-se muito atrativo economicamente para todos os casos exceto para o caso da habitação unifamiliar com instalação de dispositivos eficientes, pelos motivos acima descritos, e no caso de dispositivos convencionais com uma taxa de juro de 3,75%. Nos restantes casos o saldo foi positivo, devido principalmente ao baixo custo do sistema que foi possível conseguir.

No entanto, há que ter em conta, que a adoção destes sistemas é uma mais-valia na independência da água potável e que à medida que haja maior oferta, os preços serão menores. Do ponto de vista ambiental, a adoção destes sistemas é muito interessante e importante.

7. Conclusões

A situação atual dos recursos hídricos é preocupante e a tendência é agravar-se com o futuro. Se há alguns anos atrás o recurso água era abundante, seguro e acessível a toda a população, o panorama atual já não é o mesmo na Europa. O aumento da industrialização, da população e, sobretudo, da poluição, aliados ao consumo desenfreado deste precioso recurso, tornaram a água um recurso escasso e cada vez mais difícil de encontrar.

Contudo, hoje em dia, existem estratégias que ajudam a gerir a água e a diminuir a dependência da água potável para todos os fins. O aproveitamento de águas pluviais e o reaproveitamento de águas cinzentas são o exemplo perfeito de estratégias que ajudam à diminuição da utilização da água para fins que não necessitam de água de qualidade superior, como por exemplo, as descargas de autoclismos. Contudo, estas estratégias ainda não estão bem difundidas por Portugal, e a falta de informação, juntamente com os elevados custos de aquisição e de manutenção destes sistemas, tornam as soluções menos atrativas ao público em geral.

Em muitos países a prática de aproveitamento de águas já está legislada e é incentivada pelos Governos. Em Portugal, ainda não existe legislação sobre este assunto, apesar de já existirem Especificações Técnicas, elaboradas pela ANQIP. Neste trabalho foram apresentados diversos exemplos por Portugal e pelo mundo da boa prática do aproveitamento de águas, alguns remontam a 3.000 anos a.C.

Ao longo deste trabalho, apresentou-se uma caracterização completa de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e de um sistema de predial de reutilização de águas cinzentas. Identificando e definindo cada um dos seus diferentes componentes e desenvolvendo os diferentes métodos de tratar a água a aproveitar.

As principais vantagens da instalação destes sistemas passam pela diminuição do consumo de água potável para fins menos nobres, a contribuição para a conservação do recurso água, a diminuição da probabilidade de esgotamento das reservas subterrâneas, diminuição de efluentes, entre outras.

Como desvantagens apresentam-se o elevado custo de implementação dos sistemas, a imprevisibilidade da precipitação e a elevada qualidade da água que tem que se garantir de modo a não por em risco a saúde dos utilizadores.

Foram estudados três casos, em que se tentou verificar a viabilidade económica da implantação de um SAAP e de um SPRAC, com dispositivos convencionais e com dispositivos eficientes, numa habitação unifamiliar (4 habitantes), numa habitação multifamiliar (24 habitantes) no município de Almada e na Escola Secundária de Rio Maior (1.000 alunos).

Para a instalação do SAAP, foram recolhidos dados de precipitação de duas estações meteorológicas, Monte de Caparica e Asseiceira, através do SNIRH, que ao serem conjugados com os consumos de água, permitiram o cálculo de diferentes volumes de reservatórios de armazenamento de água. Chegou-se a conclusão que a utilização de dispositivos eficientes faz diminuir os consumos de água e consequentemente o volume do reservatório a adotar, o que se traduz numa solução mais económica.

No caso da instalação do SPRAC, concluiu-se que, para dispositivos convencionais ou eficientes, as disponibilidades de água cinzenta são suficientes para suprir as necessidades de água para descargas sanitárias e rega. A reutilização de águas cinzentas é uma medida que apresenta 100% de eficiência o que pode representar poupanças de água na ordem dos 50%.

Inicialmente, o estudo da viabilidade económica foi efetuado através do retorno do investimento inicial em anos. Os resultados obtidos foram díspares consoante a solução analisada e notou-se uma acentuada relevância do custo da implementação de dispositivos eficientes, apesar de o seu custo não ser relevante em comparação com o custo dos sistemas.

Assim, para a habitação unifamiliar, com 4 habitantes, verificou-se que o caso mais viável, com um retorno mais célere, é a instalação de um SPRAC com dispositivos eficientes, apresentando um ROI de 9 anos, seguindo-se a instalação de um SAAP com dispositivos eficientes, com 14 anos de ROI. A diferença de valores deve-se à instalação do SPRAC ter um custo menor em relação à instalação de um SAAP, e apesar de os benefícios serem inferiores, pois o SPRAC não é utilizado para máquinas de lavar roupa, o seu investimento inicial é consideravelmente inferior.

Os casos menos positivos surgiram para a instalação de um SAAP com dispositivos convencionais, apresentando um ROI de 22 anos, para a instalação de um SPRAC com os mesmos dispositivos, com um ROI de 17 anos e, finalmente, para a instalação de um sistema misto também com dispositivos convencionais, com um ROI de 23 anos. Estes elevados valores devem-se aos reduzidos benefícios económicos que a utilização de dispositivos convencionais implica, assim, o consumo de água é maior, havendo menos poupança e, logo, uma maior conta mensal de água.

Para a habitação unifamiliar os valores de ROI surgiram menores, pois o investimento inicial, quando comparado com o investimento para a habitação unifamiliar é menor. Os casos com valores mais atrativos são os casos da instalação de um sistema misto e dispositivos eficientes, com 3 anos de ROI, a instalação de um SPRAC com dispositivos eficientes, com um ROI de 4 anos e, por fim, a instalação de um sistema misto com dispositivos convencionais, com um ROI de 6 anos. O investimento inicial no sistema misto e no SPRAC, mesmo com a instalação de dispositivos eficientes, não é elevado, e a instalação destes sistemas gera benefícios elevados, o que resulta num ROI reduzido. Para a instalação de um sistema misto com dispositivos convencionais consegue apresentar um ROI de 6 anos, pois o seu investimento inicial é reduzido.

O sistema que apresentou um período maior de retorno do investimento foi o SAAP com dispositivos convencionais, apresentando um valor de 19 anos. Este valor elevado deve-se ao investimento inicial para a instalação de um reservatório de 30 m³, combinada com os baixos benefícios pela utilização de dispositivos convencionais.

Os casos de instalação de um SAAP com dispositivos eficientes e de um SPRAC com dispositivos convencionais, apresentaram um valor de ROI de 8 anos. No primeiro caso deve-se ao elevado benefício, apesar do elevado custo, e no segundo caso deve-se ao custo e ao benefício reduzidos.

Em relação à Escola Secundária de Rio Maior, as três soluções estudadas apresentam valores baixos de ROI, o que se deve aos elevados benefícios que apresentam. O caso com menor ROI é a instalação de um SPRAC com a instalação de dispositivos eficientes com 4 anos.

O segundo estudo de viabilidade económica surgiu da comparação entre o investimento num SAAP, SPRAC ou sistema misto com o investimento num depósito a prazo com taxas de juro de 3% ou 3,75%, ao longo do tempo.

Para a habitação unifamiliar, com 4 habitantes, a instalação que apresentou ser mais rentável economicamente em relação a ambos os depósitos a prazo foi o SPRAC com dispositivos convencionais. Esta situação deve-se sobretudo ao baixo investimento inicial.

No caso da habitação multifamiliar os sistemas que apresentaram rentabilidade face ao investimento em ambos os depósitos a prazo foram o sistema misto com dispositivos convencionais e eficientes e o SPRAC com dispositivos convencionais, o que se deve também ao reduzido investimento inicial destas soluções.

Finalmente, para a escola, as três situações estudadas, SAAP para rega ou autoclismos eficientes e SPRAC com dispositivos eficientes, apresentaram maiores ganhos anuais que o investimento em qualquer depósito a prazo.

Concluiu-se que os sistemas são tanto mais viáveis quanto maior for o consumo de água potável e, em consequência o custo do metro cúbico de água potável. Quanto menor for a taxa de juro mais rentável será o investimento num sistema de aproveitamento de água. Concluiu-se

também, que a viabilidade económica depende do consumo de água, da precipitação e da superfície de recolha.

8. Recomendações e Perspetivas Futuras de Desenvolvimento

Atualmente, ainda existe um longo caminho a percorrer no que diz respeito a este tema. Assim, no sentido de promover a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e cinzentas, seria uma mais-valia a atribuição por parte do Governo de incentivos e benefícios fiscais a quem o fizesse, para além da elaboração de legislação específica.

A consciencialização para este tema deve ser iniciada em tenra idade pela família ou pela escola. Ações de sensibilização em empresas e para a população em geral seriam uma mais-valia para a poupança de água e para a utilização de dispositivos eficientes e até para a instalação de sistema de aproveitamento de águas.

Pretende-se sobretudo que esta dissertação seja um meio de promover novos estudos sobre este tema, servindo de base de informação e de incentivo à prática do aproveitamento de águas pluviais e cinzentas, de modo a não prejudicar mais as gerações que se seguem.

Propõe-se que no futuro se elaborem estudos sobre novas soluções que surjam permitindo cada vez mais a otimização do aproveitamento e, consequentemente, da poupança de água potável. Seria também interessante fazer uma comparação entre os diferentes sistemas que se encontram em comercialização, de modo a perceber quais as principais diferenças a nível técnico entre os mesmos.

A constante evolução tecnológica e a constante procura de novas soluções e materiais levam a que o presente estudo de viabilidade técnico-económico possa ser aprofundado através de novas análises.

.

Referências Bibliográficas

- 3P Technik** (2005). *Catálogo aproveitamento de água pluvial*. 3P Technik, Lisboa.
- ABNT NBR 15527:2007** (2007). *Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasília.
- Agência Nacional de Águas** (2005). *Conservação e reúso da água em edificações*. Prol Editora Gráfica. São Paulo.
- Al-Jayyousi, O.** (2003). Greywater reuse: towards sustainable water management. *Desalination*. **156**: 181 – 192.
- Allen, L., Christian-Smith, J. e Palaniappan, M.** (2010). *Overview of greywater reuse: the potential of greywater systems to aid sustainable water management*. Pacific Institute, Oakland.
- Almeida, M. C.** (2005). Medidas para o uso eficiente da água. Em: *Encontro Técnico A Gestão Integrada da Água*. LNEC, Lisboa.
- Almeida, M., Vieira, P. e Ribeiro, R.** (2006). *Uso eficiente da água no setor urbano. Série Guias Técnicos*. LNEC, Lisboa.
- Alt, R.** (2009). *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. São Paulo.
- Amorim, S. e Pereira, D.** (2008). Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de águas pluvial. *Ambiente Construído*, **8**: 53 – 66.
- ANQIP** (2008). *ETA 0804 – Especificações para atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a autoclismos de bacias de retrete*. ANQIP, Aveiro.
- ANQIP** (2009a). *ETA 0701 – Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP)*. ANQIP, Aveiro.
- ANQIP** (2009b). *ETA 0806 – Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a chuveiros e sistema de duche*. ANQIP, Aveiro.
- ANQIP** (2010). *ETA 0808 – Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros*. ANQIP, Aveiro.
- ANQIP** (2011a). *ETA 0905 – Sistemas prediais de reutilização e reciclagem de águas cinzentas (SPRAC)*. ANQIP, Aveiro.
- ANQIP** (2011b). *ETA 0906 – Certificação de sistemas prediais de reutilização e reciclagem de águas cinzentas*. ANQIP, Aveiro.
- ANZ Stadium** (2010). *ANZ Stadium: fast facts*. Acedido em: 15 de setembro de 2011, em : <http://www.anzstadium.com.au/AboutUs/SchoolProjects.aspx>.
- APDA – Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas** (1999). *Água, Quem é Quem*. Suplementaria, Lisboa.
- ARCSA - American Rainwater Catchment Systems Association** (2012). *Rainwater harvesting. resources and documents*. Acedido em: 10 de fevereiro de 2012, em : <http://www.arcsa-usa.org/content.asp?pl=6&contentid=6>.

- Arpke, A. e Hutzler, N.** (2005). Operational life-cycle assessment and life-cycle cost analysis for water use in multioccupant buildings. *Journal of Architectural Engineering*. **11**: 99 – 109.
- Arribas Torras, S.** (2011). Situação legal y de mercado del uso de aguas recicladas en España. *Seminário Aproveitamento de Águas Pluviais e Cinzenta*. Aveiro, 18 de fevereiro de 2011, Universidade de Aveiro.
- Australian Drinking Water Guidelines** (1996). *Australian drinking water guidelines, National Health and Medical Research Council/Agricultural and Resource Management Council of Australia and New Zealand*. Commonwealth of Australia, Sydney.
- Barroso, L.** (2010). *Construção Sustentável – Soluções Comparativas para o uso Eficiente da Água nos Edifícios de Habitação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, Almada. 110 pp.
- Baynes, S.** (2002). *Barriers to grey water recycling*. CMHC/SCHL, Toronto.
- Bertolo, E.** (2006). *Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. 204 pp.
- Bertolo, E. e Simões, V.** (2010). *Manual sobre sistemas de aproveitamento de água pluvial*. FUNDEC, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Birks, R., Colbourne, J., Hills, S. e Hobson, R.** (2004). Microbiological water quality in a large in-building, water recycling facility. *Water Science and Technology*. **50**: 162-175.
- Building Talk** (2009). *Ecoplay greywater system for english partnerships*. Acedido em: 29 de fevereiro de 2012, em: <http://www.buildingtalk.com/building-services/plumbing-/commercial-water-controls/ecoplay-greywater-system-for-english-partnerships/361327.article>.
- Campos, M.** (2004). *Aproveitamento de Água Pluvial em Edifícios Residenciais Multifamiliares na Cidade de São Carlos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 144 pp.
- Carlson, M. R.** (2005). *Percepção dos Atores Sociais Quanto a Alternativas de Implantação de Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva em Joinville*. Dissertação de Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental. Universidade do Vale do Itajaí, Joinville. 203 pp.
- CDRW – California Department of Water Resources** (2012a). *Graywater Standards*. Acedido em: 25 de fevereiro de 2012, em: <http://www.water.ca.gov/nav/nav.cfm?loc=t&id=104>.
- CDRW – California Department of Water Resources** (2012b). *Laws and Regulations, Recycling*. Acedido em: 25 de fevereiro de 2012, em: <http://www.water.ca.gov/recycling/Laws-Regulations/>.
- Coca-Cola Brasil** (2006). *Coca-Cola Brasil faz balanço de recursos hídricos*. Acedido em: 15 de setembro de 2011, em: http://www.premiopemberton.com.br/release_detalhe.asp?release=53&Categoria=5.
- Comissão para a Seca** (2005). *1º Relatório da Comissão para a Seca 2005, dirigido ao Conselho de Ministros, no âmbito da Resolução do Conselho de Ministros 83/2005, de 19 de abril*. Secretariado da Comissão para a Seca 2005. MAOTDR, Lisboa.
- Cosentino, G.** (2009). Aproveitamento de águas pluviais em projetos de grande dimensão: a experiência brasileira. Água para a sustentabilidade. *Workshop O Aproveitamento de Águas Pluviais, Sessão A*. Lisboa. pp. 55-80.
- Cosh** (2007). *Cases*. Acedido em: 15 de setembro de 2011, em: <http://www.cosch.com.br/>.

- CSD – Commission on Sustainable Development** (1997). *Overall progress achieved since the United Nations conference on environment and development. Report of the Secretary-General. Addendum - Protection of the Quality and Supply of Freshwater Resources: Application of Integrated Approaches to the Development, Management and Use of Water Resources*. United Nations Economic and Social Council.
- CSE** (2002). *Wireless Water Meter. Technology*. The CSE Campaign for People's Water Management. Catch Water Newsletter. Volume 4 Number 1. Centre for Science and Environment. Acedido em: 15 de setembro de 2011, em: <http://www.rainwaterharvesting.org/catchwater/feb2002/technology.htm#water>.
- Decret Ecoeficiencia 21/2006** (2006). *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya Núm. 4574*. Departament de la Presidència, Barcelona.
- Decreto Regulamentar n.º 23/95** (1995). *Diário da República – 1.ª Série-B – N.º 194 – 23 de agosto de 1995*. Ministério da Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 207/94** (1994). *Diário da República – 1.ª Série-A – N.º 181 – 6 de agosto de 1994*. Ministério da Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 236/98** (1998). *Diário da República – 1.ª Série-A – n.º 176 – 1 agosto de 1998*. Ministério do Ambiente, Lisboa.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)**. (2002) *DIN 1989-1:2001-10, Translation of DIN 1989 Rainwater Harvesting Systems - Part 1: Planning, Installation, Operation and Maintenance*. Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V, fbr, Darmstadt.
- Domènech, L. e Saurí, D.** (2011). A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multifamily buildings of the metropolitan area of Barcelona (Spain): Social experience, drinking water savings and economic costs. *Journal of Cleaner Production*, **19**: 598-608.
- Draft Greywater Reuse Guidelines Australia** (2002). *Draft guidelines for the reuse of greywater in Western Australia*. Department of Health and Department of Environment, Water and Catchment Protection, Sydney.
- Duarte, A. P.** (2009). *Aproveitamento de águas cinzentas e água da chuva*. Em: Direção Geral de Saúde (ed.): *Fichas Técnicas Sobre Habitação e Saúde*. Lisboa.
- Ecoágua** (2011). Sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reciclagem de águas cinzentas. *Seminário Aproveitamento de Águas Pluviais e Cinzentas*. Aveiro, 18 de fevereiro de 2011, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- EEA – European Environment Agency** (2003). *O ambiente na Europa: Terceira avaliação – Resumo*. Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, Luxemburgo.
- EnHealth Council** (2004). *Guidance on use of rainwater tanks*. Australian Government, Canberra.
- Enviro Friendly** (2006). *Grey water reuse systems in Australia: Grey water diverters*. Acedido em: 1 de março de 2012, em: <http://www.enviro-friendly.com/greywater-systems-australia.shtml>.
- Environment Agency** (2003). *Water efficiency awards. Inspirational case studies demonstrating good practice across all sectors*. Environment Agency, Peterborough.
- Environment Agency** (2010). *Harvesting rainwater for domestic uses: An information guide*. Environment Agency, Bristol.
- Environment Agency** (2011). *Greywater for domestic users: An information guide*. Environment Agency, Bristol.

- Environment Protection Agency** (2006). *Rainwater use in and around the home*. EPA Victoria, Department of Sustainability and Environment, Melbourne.
- Evans, C. A., Coombes, P. J., & Dunstan, R. H.** (2006). Wind, Rain and Bacteria: The Effect of Weather on the Microbial Composition of Roof- harvested Rainwater. *Water Research*. **40**: 37-44.
- Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr)** (2005). *Greywater recycling – Planning fundamentals and operation information*. FBR, Darmstadt.
- Freire, O. B.,** (2010). *Aldeamento turístico Herdade da Boavista e Sampaio. Estudo de impacte ambiental*. Arqpais, Lisboa.
- Gelt, J.** (1993). *Home use of graywater, rainwater conserves water – And may save money*. Acedido em: 29 de fevereiro de 2012, em: <http://ag.arizona.edu/azwater/arroyo/071rain.html>.
- German Drinking Water Ordinance** (2001). *Ordinance on the quality of water intended for human consumption*. The Federal Minister for Health, Bonn.
- Ghisi, E., Bressan, D. e Martini, M.** (2007) Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*. **42**: 1654–66.
- Giacchini, M.** (2010). *Estudo Quali-Quantitativo do Aproveitamento da Água da Chuva no Contexto da Sustentabilidade dos Recursos Hídricos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- GJP Arquitetos** (2009). *Natura Towers – Sede da MSF*. Acedido em: 23 de abril de 2011, em <http://www.gjp.pt/>
- Gleick, P. H.** (1993). *Water in crisis: A guide to the world's freshwater resources*. Oxford University Press, New York.
- Gleick, P. H.** (1996). Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. *Water International*. 83-92.
- Gnadlinger, J.** (2000). Colheita de água de chuva em áreas rurais. *Palestra proferida no 2º Fórum Mundial da Água*. Haia.
- Goldenfum, J.** (2005). *Reaproveitamento de águas pluviais*. Instituto de Pesquisas Hidráulicas/ UFRGS, Porto Alegre.
- Gould, J. E.** (1999). Is rainwater safe to drink? A review of recent findings. *Proceedings of the Ninth International Rainwater Catchment Systems Conference*. Petrolina.
- GPPAA – Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar** (2004). *Relações Agricultura / Floresta e Ambiente. Indicadores*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa.
- Hansgrohe AG** (2011). Use your water twice – It's the smart way. *Pontos AquaCycle*. Hansgrohe International Pro, Schiltach.
- HarvestH2o** (2012). *Regulations & Statutes*. Acedido em: 10 de fevereiro de 2012, em: http://www.harvesth2o.com/statues_regulations.shtml#ala.
- Hills, S., Birks, R. e McKenzie, B.** (2002). The Millennium Dome “Watercycle” experiment: To evaluate water efficiency and customer perception at a recycling scheme for 6 million visitors. *Water Science and Technology*. **46**: 233-240.
- Junge-Reyer, I. e Steffan, C.** (2010). *Rainwater Management Concepts. Greening Buildings, Cooling Buildings*. Berlin Senate for Urban Development, Berlin.

- Kloss, C.** (2008). *Managing wet weather with green infrastructure*. Environmental Protection Agency, Washington.
- König, K.** (2001). *The rainwater technology handbook*. 1ª Edição, Wilo-Brain. Dortmund.
- Lança, I.** (2011). *Aproveitamento de águas pluviais. Aspetos de saúde pública*. Departamento de Saúde Pública e Planeamento da ARS Centro, Lisboa.
- Lye, D. J.** (2002). Health risks associated with consumption of untreated water from household roof catchment systems. *Journal of American Water Resources Association*. **38**: 1301 – 1306.
- May, S.** (2004). *Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 190 pp.
- May, S.** (2009). *Caracterização, Tratamento e Reúso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 223 pp.
- Mendes, B. e Oliveira, J.** (2004). *Qualidade da Água para Consumo Humano*. Lidel Editora, Portugal.
- Mendes, P.** (2008). Plano nacional para o uso eficiente da água. *Seminário Técnico para o Uso Eficiente da Água para Consumidores Coletivos*. Almargem/ Universidade do Algarve. INAG, Lisboa.
- Monte, M e Albuquerque, A** (2010). *Reutilização de Águas Residuais*. ERSAR e ISEL, Lisboa.
- Monte, M.** (2007). Reutilização de Águas Residuais na Rega. *Perspetivas para o reaproveitamento de águas residuais e pluviais*. Câmara Municipal de Loures, Loures.
- Muthukumar, S., Baskaran, K. e Sexton, N.** (2011). Quantification of potable water savings by residential water conservation and reuse – A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, **55**: 945-952.
- Natura Towers** (2009). *Natura Towers – Tem vida própria*. Acedido em: 23 de abril de 2011, em: <http://naturatowers.msf-turim.pt/>.
- Neves, M.** (2003). *Perspetivas para um uso mais eficiente da água em habitações*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 4 pp.
- Neves, M., Bertolo, E. e Rossa, S.** (2006). Aproveitamento e Reutilização da Água para Usos Domésticos. *Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente*. FEUP, Porto.
- New South Wales Government** (2012). *Recycling projects*. Acedido em: 25 de fevereiro de 2012, em: <http://www.environment.nsw.gov.au/grants/recyclingprojects.htm#w>.
- Niemczynowicz, J.** (1999). Urban Hydrology and Water Management - present and future challenges. *Urban Water*, **1**: 1-14.
- NP 4434** (2005). *Norma portuguesa para reutilização de águas residuais urbanas tratadas na rega*. Instituto Português da Qualidade, Lisboa.
- Oliveira, F.** (2008). *Aproveitamento de Água Pluvial em Usos Urbanos em Portugal Continental – Simulador para Avaliação da Viabilidade*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Instituto Superior Técnico, Lisboa. 110 pp.
- Oliveira, N.** (2008). *Aproveitamento de Água de Chuva de Cobertura para Fins não Potáveis de Próprios da Educação da Rede Municipal de Guarulhos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Guarulhos, São Paulo. 80 pp.

- Palaniappan, M. e Gleick, P.** (2008). Peak Water. Em: P. H. Gleick and Associates (eds.), *The world's water 2008-2009 (Volume 6) – The biennial report on Freshwater Resources*. Island Press, Washington.
- Palma-Oliveira, J., & Santos, A.** (1998). *Análise do consumo doméstico de água em Portugal. Uma experiência de campo para a promoção da conservação da água*. Relatório Quercus. Lisboa.
- PEAASAR II** (2007). *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007 – 2013*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.
- Pedroso, V. M.** (2009). *Medidas para um Uso Mais Eficiente da Água nos Edifícios*. Informações Científicas Técnicas, LNEC, Lisboa.
- Pinheiro, M. D.** (2006). *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente. Amadora.
- PNA** (2001). *Plano Nacional da Água*. Instituto da Água, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.
- PNUEA** (2001). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água. Versão Preliminar*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Instituto da Água, Lisboa.
- PwC – PricewaterhouseCoopers** (2012). *IRC: Taxas de depreciação e de amortização fiscal*. Acedido em: 20 de junho de 2012, em: <http://www.pwc.pt/pt/guia-fiscal-2012/irc/taxas-depreciacao-amortizacao-fiscais.html>.
- Quadros, C.** (2010). *Rainwater harvesting. Case study: FCT/UNL campus*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Almada. 150 pp.
- Rainwater Harvesting** (2012). *International water-harvesting and related financial incentives*. Acedido em 10 de fevereiro de 2012, em: http://www.rainwaterharvesting.org/policy/legislation_international.htm.
- Rajgor, G.** (2006). Revamped Rainwater Recycling. *Refocus*, pp. 68-69.
- RASARP** (2008). *Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Lisboa.
- RASARP** (2011). *Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal. Sumário Executivo*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Lisboa.
- Real Decreto Rd 1620/2007** (2007). *Real Decreto 1620/2007*. Ministerio de la Presidencia, Madrid.
- Resolução da Assembleia da República n.º 10/2011** (2011). *Diário da República, 1.ª Série – N.º 22 – 1 de fevereiro de 2011*. Assembleia de República, Lisboa.
- RGSPDADAR** (1995). *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de água e de Drenagem de Águas Residuais*. Lisboa.
- Rossa, S.** (2006). *Contribuições para um Uso Mais Eficiente da Água no Ciclo Urbano. Poupança de Água e Reutilização de Águas Cinzentas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto. 177 pp.
- Sabino, A. A.** (2001). Os sistemas de “Water Harvesting” e a sua aplicação em Cabo Verde. 3º *Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido*. Instituto Superior de Educação, Praia, Cabo Verde. Petrolina.

- Sacadura, F.** (2011). *Análise de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Almada. 138 pp.
- Shiklomanov, I. A.** (1993). World Freshwater Resources. Em: P. H. Gleick (ed.), *Water in crisis: A guide to the world's freshwater resources*. Oxford University Press, New York.
- Silva-Afonso, A.** (2008). Repensar o uso da Água no Ciclo Predial. Contributos para a Sustentabilidade. *Congresso de Inovação na Construção Sustentável*, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Silva-Afonso, A.** (2009). Eficiência hídrica – Situação em Portugal. *CIRA*, junho de 2009, Universidade de Aveiro.
- Silva-Afonso, A.** (2011a). Aproveitamento de Águas Pluviais e Cinzentas – Situação em Portugal. Em: *Seminário Aproveitamento de Águas Pluviais e Cinzentas*. Aveiro, 18 de fevereiro de 2011, Universidade de Aveiro.
- Silva-Afonso, A.** (2011b). Certificação da eficiência hídrica de produtos. Em: *Congresso Lidera 2011*. Lisboa, 3 de maio de 2011, ANQIP, Aveiro.
- Simões, V.** (2009). Aproveitamento de Águas Pluviais em Portugal – Perspetivas, Realidades e Oportunidades. Em: *Seminário Uso Eficiente da Água no Setor Residencial*, Faro.
- Stormsaver** (2009). *BS 8515:2009 made easy*. Stormsaver Limited, Nottinghamshire.
- Surendran, S., Davidson, G., Santos, F., Tomlinson, I. e Bester, I.** (2004). Water Treatment Processes for Recycling. *6th Watersave Network Meeting*, Loughborough University, Loughborough.
- Sutherland, K.** (2008). Wastewater filtration: A future for grey water recycling. *Filtration + Separation*, 18-21.
- Taneco, B.** (2008). Reutilização e Dessalinização. *Ciclo de Conferências Soluções de Futuro*, Ecodepur, Lisboa.
- Texas Guide to Rainwater Harvesting** (1997). *Texas Guide to Rainwater Harvesting*. 2nd Edition, Austin.
- Texas Water Development Board** (2005). *The Texas Guide on Rainwater Harvesting*. Austin.
- Tomaz, P.** (2003). *Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis*. Navegar Editora, São Paulo.
- Tostões, A., Silva, F., Caldal, J., Fernandes, J., Janeiro, M., Barcelos, N. e Mestre, V.** (2000). *Arquitetura Popular dos Açores*. Ordem dos Arquitetos, Lisboa.
- UNCECSR - United Nations Committee on Economic, Cultural and Social Rights** (2002), The Right to Water. *Articles 11 and 12 of the International Covenant on Economic, Cultural and Social Rights*. 29th Session. Geneva.
- UNEP - United Nations Environment Program** (2002a). *GEO: Global Environment Outlook 3, past, present and future perspectives*. Earthscan Publications Ltd, London.
- UNEP - United Nations Environment Program** (2002b). *An environmentally sound approach for sustainable urban water management: An introductory guide for decision-makers*. Earthscan Publications Ltd, London.
- UNEP - United Nations Environment Program** (2006). *Examples of rainwater harvesting and utilization around the world*. Acedido em: 15 de setembro de 2011, em: <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Urban/UrbanEnv-2/9.asp>.

- Vialle, C., Sablayrolles, C., Lovera, M., Jacob, S., Huau, M. e Montrejaud-Vignoles, M.** (2011). Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis. *Water Research*, **45**: 3765-3775.
- Vieira, P., Silva, A., Melo Baptista, J., Almeida, M. e Ribeiro, R.** (2002). Inquérito aos hábitos de utilização e consumos de água na habitação. *10º Encontro Nacional de Saneamento Básico/ 10º Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Braga.
- Virginia Rainwater Harvesting Manual** (2009). *Virginia Rainwater Harvesting Manual*. 2nd Edition. Compiled by the Cabell Brand Center. Salem.
- Water Fittings** (1999). *The Water Supply (Water Fittings) Regulations 1999*. The Secretary of State for the Environment, Transport and Regions and The Secretary of State for Wales. London.
- Werneck, G. A. M.** (2006). *Sistema de Utilização da Água da Chuva nas Edificações: O Estudo de Caso da Aplicação em Escola de Barra do Piraí*. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 316 pp.
- WHO - World Health Organization** (2006). *Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume I – Policy and Regulatory Aspects*. WHO, Geneva.
- WHO - World Health Organization** (2009). *10 Facts About Water Scarcity*. WHO. Disponível em: http://www.who.int/features/factfiles/water/water_facts/en/index.html.
- Winward, P., Avery, L., Stephenson, T. e Jefferson, B.,** (2008). Chlorine disinfection of grey water for reuse: Effect of organics and particles. *Water Research*, **42**: 483 – 491.
- WRAS** (1999). *Water Regulations Advisory Scheme 1999*. WRAS, Gwent.
- WRAS** (2011). *Water Regulations Advisory Scheme 2011*. WRAS, Gwent.
- Yaziz, M.; Gunting, H.; Sapiari, N. e Ghazali, A.** (1989). Variations in rainwater quality from roof catchments. *Water Research*, **23**: 761-765.

ANEXOS

ANEXO 1 - Exemplo de Método de Rippl para habitação unifamiliar

MONTE DA CAPARICA (22B/01C)				Runoff x eficiência	0,72	
DATA	Precipitação mensal (mm)	Consumo médio mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volumes mensais disponíveis de água da chuva (m³)	Diferença	Diferenças acumuladas
01/10/1985 09:00	0,1	11,1	102	0,01	11,09	11,09
01/11/1985 09:00	119,6	11,1	102	8,78	2,32	13,41
01/12/1985 09:00	79,3	11,1	102	5,82	5,28	18,69
01/01/1986 09:00	77,3	11,1	102	5,68	5,42	24,11
01/02/1986 09:00	116,2	11,1	102	8,53	2,57	26,67
01/03/1986 09:00	25,7	11,1	102	1,89	9,21	35,89
01/04/1986 09:00	25,1	11,1	102	1,84	9,26	45,14
01/05/1986 09:00	17,7	11,1	102	1,30	9,80	54,94
01/06/1986 09:00	8,1	11,1	102	0,59	10,51	65,45
01/07/1986 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	76,55
01/08/1986 09:00	3,7	11,1	102	0,27	10,83	87,38
01/09/1986 09:00	75,9	11,1	102	5,57	5,53	92,90
01/10/1986 09:00	26,8	11,1	102	1,97	9,13	102,04
01/11/1986 09:00	89,9	11,1	102	6,60	4,50	106,53
01/12/1986 09:00	38,4	11,1	102	2,82	8,28	114,81
01/01/1987 09:00	103,6	11,1	102	7,61	3,49	118,30
01/02/1987 09:00	156,3	11,1	102	11,48	-0,38	0,00
01/03/1987 09:00	37,3	11,1	102	2,74	8,36	8,36
01/04/1987 09:00	63,3	11,1	102	4,65	6,45	14,81
01/05/1987 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	25,91
01/06/1987 09:00	3,8	11,1	102	0,28	10,82	36,73
01/07/1987 09:00	1,9	11,1	102	0,14	10,96	47,69
01/08/1987 09:00	31,8	11,1	102	2,34	8,76	56,46
01/09/1987 09:00	35,1	11,1	102	2,58	8,52	64,98
01/10/1987 09:00	115	11,1	102	8,45	2,65	67,63
01/11/1987 09:00	69,6	11,1	102	5,11	5,99	73,62
01/12/1987 09:00	152,4	11,1	102	11,19	-0,09	0,00
01/01/1988 09:00	100,9	11,1	102	7,41	3,69	3,69
01/02/1988 09:00	89,3	11,1	102	6,56	4,54	8,23
01/03/1988 09:00	12	11,1	102	0,88	10,22	18,45
01/04/1988 09:00	47,2	11,1	102	3,47	7,63	26,08
01/05/1988 09:00	59,3	11,1	102	4,35	6,75	32,83
01/06/1988 09:00	71,1	11,1	102	5,22	5,88	38,71
01/07/1988 09:00	49,7	11,1	102	3,65	7,45	46,16
01/08/1988 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	57,26
01/09/1988 09:00	1,3	11,1	102	0,10	11,00	68,26
01/10/1988 09:00	74	11,1	102	5,43	5,67	73,93
01/11/1988 09:00	148,1	11,1	102	10,88	0,22	74,15
01/12/1988 09:00	34,6	11,1	102	2,54	8,56	82,71
01/01/1989 09:00	67,6	11,1	102	4,96	6,14	88,85
01/02/1989 09:00	67,3	11,1	102	4,94	6,16	95,00
01/03/1989 09:00	50,2	11,1	102	3,69	7,41	102,42
01/04/1989 09:00	109,3	11,1	102	8,03	3,07	105,49
01/05/1989 09:00	38,6	11,1	102	2,83	8,27	113,75
01/06/1989 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	124,85
01/07/1989 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	135,95
01/08/1989 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	147,05
01/09/1989 09:00	18	11,1	102	1,32	9,78	156,83
01/10/1989 09:00	80,8	11,1	102	5,93	5,17	162,00
01/11/1989 09:00	219,9	11,1	102	16,15	-5,05	0,00
01/12/1989 09:00	354,1	11,1	102	26,01	-14,91	0,00
01/01/1990 09:00	65,1	11,1	102	4,78	6,32	6,32
01/02/1990 09:00	9,3	11,1	102	0,68	10,42	16,74
01/03/1990 09:00	49,2	11,1	102	3,61	7,49	24,22
01/04/1990 09:00	121,2	11,1	102	8,90	2,20	26,42
01/05/1990 09:00	11	11,1	102	0,81	10,29	36,71
01/06/1990 09:00	3,5	11,1	102	0,26	10,84	47,56

01/07/1990 09:00	1,3	11,1	102	0,10	11,00	58,56
01/08/1990 09:00	29,2	11,1	102	2,14	8,96	67,52
01/09/1990 09:00	18,7	11,1	102	1,37	9,73	77,24
01/10/1990 09:00	212,2	11,1	102	15,58	-4,48	0,00
01/11/1990 09:00	98,7	11,1	102	7,25	3,85	3,85
01/12/1990 09:00	64,7	11,1	102	4,75	6,35	10,20
01/01/1991 09:00	53,5	11,1	102	3,93	7,17	17,37
01/02/1991 09:00	147,1	11,1	102	10,80	0,30	17,67
01/03/1991 09:00	120,4	11,1	102	8,84	2,26	19,93
01/04/1991 09:00	41,9	11,1	102	3,08	8,02	27,95
01/05/1991 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	39,05
01/06/1991 09:00	0,8	11,1	102	0,06	11,04	50,09
01/07/1991 09:00	2	11,1	102	0,15	10,95	61,04
01/08/1991 09:00	4,7	11,1	102	0,35	10,75	71,80
01/09/1991 09:00	24,5	11,1	102	1,80	9,30	81,10
01/10/1991 09:00	82,8	11,1	102	6,08	5,02	86,12
01/11/1991 09:00	32	11,1	102	2,35	8,75	94,87
01/12/1991 09:00	45,1	11,1	102	3,31	7,79	102,66
01/01/1992 09:00	69,1	11,1	102	5,07	6,03	108,68
01/02/1992 09:00	19,6	11,1	102	1,44	9,66	118,34
01/03/1992 09:00	15,7	11,1	102	1,15	9,95	128,29
01/04/1992 09:00	51,7	11,1	102	3,80	7,30	135,59
01/05/1992 09:00	41	11,1	102	3,01	8,09	143,68
01/06/1992 09:00	21	11,1	102	1,54	9,56	153,24
01/07/1992 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	164,34
01/08/1992 09:00	2,7	11,1	102	0,20	10,90	175,24
01/09/1992 09:00	36,9	11,1	102	2,71	8,39	183,63
01/10/1992 09:00	73,8	11,1	102	5,42	5,68	189,31
01/11/1992 09:00	12,3	11,1	102	0,90	10,20	199,51
01/12/1992 09:00	93,6	11,1	102	6,87	4,23	203,73
01/01/1993 09:00	31,4	11,1	102	2,31	8,79	212,53
01/02/1993 09:00	47,6	11,1	102	3,50	7,60	220,13
01/03/1993 09:00	43,3	11,1	102	3,18	7,92	228,05
01/04/1993 09:00	75,1	11,1	102	5,52	5,58	233,64
01/05/1993 09:00	103,7	11,1	102	7,62	3,48	237,12
01/06/1993 09:00	9,6	11,1	102	0,71	10,39	247,51
01/07/1993 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	258,61
01/08/1993 09:00	4,7	11,1	102	0,35	10,75	269,37
01/09/1993 09:00	66,9	11,1	102	4,91	6,19	275,56
01/10/1993 09:00	186	11,1	102	13,66	-2,56	0,00
01/11/1993 09:00	127,4	11,1	102	9,36	1,74	1,74
01/12/1993 09:00	14,5	11,1	102	1,06	10,04	11,78
01/01/1994 09:00	76,7	11,1	102	5,63	5,47	17,25
01/02/1994 09:00	132,2	11,1	102	9,71	1,39	18,64
01/03/1994 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	29,74
01/04/1994 09:00	26	11,1	102	1,91	9,19	38,93
01/05/1994 09:00	145	11,1	102	10,65	0,45	39,38
01/06/1994 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	50,48
01/06/2001 09:00	17,8	11,1	102	1,31	9,79	60,27
01/07/2001 09:00	0,8	11,1	102	0,06	11,04	71,31
01/08/2001 09:00	1,4	11,1	102	0,10	11,00	82,31
01/09/2001 09:00	72,7	11,1	102	5,34	5,76	88,07
01/10/2001 09:00	164,1	11,1	102	12,05	-0,95	0,00
01/12/2001 09:00	44,7	11,1	102	3,28	7,82	7,82
01/01/2002 09:00	77,3	11,1	102	5,68	5,42	13,24
01/02/2002 09:00	12,7	11,1	102	0,93	10,17	23,41
01/03/2002 09:00	89,3	11,1	102	6,56	4,54	27,95
01/04/2002 09:00	33,7	11,1	102	2,47	8,63	36,57
01/05/2002 09:00	12,1	11,1	102	0,89	10,21	46,79
01/07/2002 09:00	0,1	11,1	102	0,01	11,09	57,88
01/09/2002 09:00	82,3	11,1	102	6,04	5,06	62,93
01/11/2002 09:00	168,5	11,1	102	12,37	-1,27	0,00
01/12/2002 09:00	106,8	11,1	102	7,84	3,26	3,26

01/01/2003 09:00	106,7	11,1	102	7,84	3,26	6,52
01/02/2003 09:00	86,5	11,1	102	6,35	4,75	11,27
01/03/2003 09:00	71,8	11,1	102	5,27	5,83	17,10
01/04/2003 09:00	85,1	11,1	102	6,25	4,85	21,95
01/06/2003 09:00	5,5	11,1	102	0,40	10,70	32,64
01/07/2003 09:00	1,9	11,1	102	0,14	10,96	43,60
01/09/2003 09:00	14,1	11,1	102	1,04	10,06	53,67
01/10/2003 09:00	170,2	11,1	102	12,50	-1,40	0,00
01/12/2003 09:00	77,9	11,1	102	5,72	5,38	5,38
01/01/2004 09:00	135,1	11,1	102	9,92	1,18	6,56
01/02/2004 09:00	40,3	11,1	102	2,96	8,14	14,70
01/03/2004 09:00	30,9	11,1	102	2,27	8,83	23,53
01/04/2004 09:00	42,9	11,1	102	3,15	7,95	31,48
01/05/2004 09:00	15,1	11,1	102	1,11	9,99	41,47
01/06/2004 09:00	0,9	11,1	102	0,07	11,03	52,50
01/07/2004 09:00	0,4	11,1	102	0,03	11,07	63,57
01/09/2004 09:00	19,6	11,1	102	1,44	9,66	73,23
01/10/2004 09:00	98,1	11,1	102	7,20	3,90	77,13
01/11/2004 09:00	23,6	11,1	102	1,73	9,37	86,50
01/12/2004 09:00	37,2	11,1	102	2,73	8,37	94,86
01/01/2005 09:00	2,3	11,1	102	0,17	10,93	105,80
01/02/2005 09:00	9,9	11,1	102	0,73	10,37	116,17
01/03/2005 09:00	26,7	11,1	102	1,96	9,14	125,31
01/06/2005 09:00	0,7	11,1	102	0,05	11,05	136,36
01/07/2005 09:00	3,8	11,1	102	0,28	10,82	147,18
01/08/2005 09:00	5,5	11,1	102	0,40	10,70	157,87
01/10/2005 09:00	121,9	11,1	102	8,95	2,15	160,02
01/11/2005 09:00	173,6	11,1	102	12,75	-1,65	0,00
01/12/2005 09:00	25,6	11,1	102	1,88	9,22	9,22
01/01/2006 09:00	51,9	11,1	102	3,81	7,29	16,51
01/02/2006 09:00	67,8	11,1	102	4,98	6,12	22,63
01/03/2006 09:00	81,7	11,1	102	6,00	5,10	27,73
01/04/2006 09:00	35,7	11,1	102	2,62	8,48	36,21
01/06/2006 09:00	26,7	11,1	102	1,96	9,14	45,35
01/07/2006 09:00	2,6	11,1	102	0,19	10,91	56,26
01/08/2006 09:00	5	11,1	102	0,37	10,73	66,99
01/09/2006 09:00	57,4	11,1	102	4,22	6,88	73,87
01/10/2006 09:00	163,9	11,1	102	12,04	-0,94	0,00
01/11/2006 09:00	139,2	11,1	102	10,22	0,88	0,88
01/12/2006 09:00	60,9	11,1	102	4,47	6,63	7,50
01/01/2007 09:00	48	11,1	102	3,53	7,57	15,08
01/02/2007 09:00	77,8	11,1	102	5,71	5,39	20,47
01/03/2007 09:00	17,1	11,1	102	1,26	9,84	30,31
01/04/2007 09:00	26,7	11,1	102	1,96	9,14	39,45
01/05/2007 09:00	50,5	11,1	102	3,71	7,39	46,84
01/06/2007 09:00	26,2	11,1	102	1,92	9,18	56,02
01/07/2007 09:00	2,1	11,1	102	0,15	10,95	66,96
01/08/2007 09:00	6,6	11,1	102	0,48	10,62	77,58
01/09/2007 09:00	26,2	11,1	102	1,92	9,18	86,75
01/10/2007 09:00	12	11,1	102	0,88	10,22	96,97
01/11/2007 09:00	92,7	11,1	102	6,81	4,29	101,26
01/12/2007 09:00	52	11,1	102	3,82	7,28	108,55
01/01/2008 09:00	85,9	11,1	102	6,31	4,79	113,34
01/02/2008 09:00	182,1	11,1	102	13,37	-2,27	0,00
01/03/2008 09:00	46,3	11,1	102	3,40	7,70	7,70
01/04/2008 09:00	47,7	11,1	102	3,50	7,60	15,30
01/05/2008 09:00	54,8	11,1	102	4,02	7,08	22,37
01/06/2008 09:00	1,8	11,1	102	0,13	10,97	33,34
01/07/2008 09:00	1,2	11,1	102	0,09	11,01	44,35
01/08/2008 09:00	1,2	11,1	102	0,09	11,01	55,36
01/09/2008 09:00	15,5	11,1	102	1,14	9,96	65,33
01/10/2008 09:00	0,2	11,1	102	0,01	11,09	76,41
01/11/2008 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	87,51

01/12/2008 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	98,61
01/01/2009 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	109,71
01/02/2009 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	120,81
01/03/2009 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	131,91
01/04/2009 09:00	36,8	11,1	102	2,70	8,40	140,31
01/05/2009 09:00	11,9	11,1	102	0,87	10,23	150,53
01/06/2009 09:00	34,6	11,1	102	2,54	8,56	159,09
01/07/2009 09:00	0	11,1	102	0,00	11,10	170,19
01/10/2009 09:00	68,5	11,1	102	5,03	6,07	176,26
01/11/2009 09:00	115,9	11,1	102	8,51	2,59	178,85
01/12/2009 09:00	157,3	11,1	102	11,55	-0,45	0,00
01/02/2010 09:00	146,3	11,1	102	10,74	0,36	0,36
01/03/2010 09:00	162,6	11,1	102	11,94	-0,84	0,00
01/04/2010 09:00	79,3	11,1	102	5,82	5,28	5,28
01/05/2010 09:00	26,3	11,1	102	1,93	9,17	14,44
01/06/2010 09:00	23,5	11,1	102	1,73	9,37	23,82
01/02/2011 09:00	113,3	11,1	102	8,32	2,78	26,60
01/03/2011 09:00	54,3	11,1	102	3,99	7,11	33,71
01/04/2011 09:00	87,6	11,1	102	6,43	4,67	38,38
01/05/2011 09:00	18,4	11,1	102	1,35	9,75	48,13
01/06/2011 09:00	0,5	11,1	102	0,04	11,06	59,19
01/08/2011 09:00	0,5	11,1	102	0,04	11,06	70,25
01/09/2011 09:00	0,3	11,1	102	0,02	11,08	81,33

Volume do Reservatório (m ³)	276
--	-----

ANEXO 2 - Exemplo do Método de Simulação da Capacidade Suposta

			Área de captação (m²)	Coeficiente de escoamento	Volume do Reservatório (m³)					
			102,00	0,8	4,00	6,00	12,00	17,00	45,00	90,00
		Precipitação mensal (mm)	Volume de chuva mensal (m³)		Variação do volume do reservatório					
	DATA			Consumo mensal (m³)						
Volume Inicial					1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	01/10/1985 09:00	0,1	0,01	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/11/1985 09:00	119,6	9,76	6,3	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46	3,46
	01/12/1985 09:00	79,3	6,47	6,3	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63	3,63
	01/01/1986 09:00	77,3	6,31	6,3	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64
	01/02/1986 09:00	116,2	9,48	6,3	4,00	6,00	6,82	6,82	6,82	6,82
	01/03/1986 09:00	25,7	2,10	6,3	0,00	1,80	2,62	2,62	2,62	2,62
	01/04/1986 09:00	25,1	2,05	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/05/1986 09:00	17,7	1,44	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/06/1986 09:00	8,1	0,66	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/07/1986 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/08/1986 09:00	3,7	0,30	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/09/1986 09:00	75,9	6,19	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/10/1986 09:00	26,8	2,19	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/11/1986 09:00	89,9	7,34	6,3	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
	01/12/1986 09:00	38,4	3,13	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/01/1987 09:00	103,6	8,45	6,3	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
	01/02/1987 09:00	156,3	12,75	6,3	4,00	6,00	8,61	8,61	8,61	8,61
	01/03/1987 09:00	37,3	3,04	6,3	0,74	2,74	5,35	5,35	5,35	5,35
	01/04/1987 09:00	63,3	5,17	6,3	0,00	1,61	4,22	4,22	4,22	4,22
	01/05/1987 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/06/1987 09:00	3,8	0,31	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/07/1987 09:00	1,9	0,16	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/08/1987 09:00	31,8	2,59	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/09/1987 09:00	35,1	2,86	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/10/1987 09:00	115	9,38	6,3	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08
	01/11/1987 09:00	69,6	5,68	6,3	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
	01/12/1987 09:00	152,4	12,44	6,3	4,00	6,00	8,60	8,60	8,60	8,60
	01/01/1988 09:00	100,9	8,23	6,3	4,00	6,00	10,53	10,53	10,53	10,53
	01/02/1988 09:00	89,3	7,29	6,3	4,00	6,00	11,52	11,52	11,52	11,52
	01/03/1988 09:00	12	0,98	6,3	0,00	0,68	6,20	6,20	6,20	6,20
	01/04/1988 09:00	47,2	3,85	6,3	0,00	0,00	3,75	3,75	3,75	3,75
	01/05/1988 09:00	59,3	4,84	6,3	0,00	0,00	2,29	2,29	2,29	2,29
	01/06/1988 09:00	71,1	5,80	6,3	0,00	0,00	1,79	1,79	1,79	1,79
	01/07/1988 09:00	49,7	4,06	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/08/1988 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/09/1988 09:00	1,3	0,11	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/10/1988 09:00	74	6,04	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/11/1988 09:00	148,1	12,08	6,3	4,00	5,78	5,78	5,78	5,78	5,78
	01/12/1988 09:00	34,6	2,82	6,3	0,52	2,31	2,31	2,31	2,31	2,31
	01/01/1989 09:00	67,6	5,52	6,3	0,00	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52
	01/02/1989 09:00	67,3	5,49	6,3	0,00	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	01/03/1989 09:00	50,2	4,10	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/04/1989 09:00	109,3	8,92	6,3	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62
	01/05/1989 09:00	38,6	3,15	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/06/1989 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/07/1989 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/08/1989 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/09/1989 09:00	18	1,47	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	01/10/1989 09:00	80,8	6,59	6,3	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
01/11/1989 09:00	219,9	17,94	6,3	4,00	6,00	11,94	11,94	11,94	11,94	
01/12/1989 09:00	354,1	28,89	6,3	4,00	6,00	12,00	17,00	34,53	34,53	
01/01/1990 09:00	65,1	5,31	6,3	3,01	5,01	11,01	16,01	33,54	33,54	
01/02/1990 09:00	9,3	0,76	6,3	0,00	0,00	5,47	10,47	28,00	28,00	
01/03/1990 09:00	49,2	4,01	6,3	0,00	0,00	3,19	8,19	25,72	25,72	

01/04/1990 09:00	121,2	9,89	6,3	3,59	3,59	6,78	11,78	29,31	29,31
01/05/1990 09:00	11	0,90	6,3	0,00	0,00	1,37	6,37	23,90	23,90
01/06/1990 09:00	3,5	0,29	6,3	0,00	0,00	0,00	0,36	17,89	17,89
01/07/1990 09:00	1,3	0,11	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	11,70	11,70
01/08/1990 09:00	29,2	2,38	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	7,78	7,78
01/09/1990 09:00	18,7	1,53	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	3,01	3,01
01/10/1990 09:00	212,2	17,32	6,3	4,00	6,00	11,02	11,02	14,02	14,02
01/11/1990 09:00	98,7	8,05	6,3	4,00	6,00	12,00	12,77	15,77	15,77
01/12/1990 09:00	64,7	5,28	6,3	2,98	4,98	10,98	11,75	14,75	14,75
01/01/1991 09:00	53,5	4,37	6,3	1,05	3,05	9,05	9,81	12,82	12,82
01/02/1991 09:00	147,1	12,00	6,3	4,00	6,00	12,00	15,52	18,52	18,52
01/03/1991 09:00	120,4	9,82	6,3	4,00	6,00	12,00	17,00	22,05	22,05
01/04/1991 09:00	41,9	3,42	6,3	1,12	3,12	9,12	14,12	19,17	19,17
01/05/1991 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	2,82	7,82	12,87	12,87
01/06/1991 09:00	0,8	0,07	6,3	0,00	0,00	0,00	1,58	6,63	6,63
01/07/1991 09:00	2	0,16	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50
01/08/1991 09:00	4,7	0,38	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/1991 09:00	24,5	2,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/1991 09:00	82,8	6,76	6,3	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
01/11/1991 09:00	32	2,61	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/12/1991 09:00	45,1	3,68	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/01/1992 09:00	69,1	5,64	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/02/1992 09:00	19,6	1,60	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/03/1992 09:00	15,7	1,28	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/04/1992 09:00	51,7	4,22	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/05/1992 09:00	41	3,35	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/06/1992 09:00	21	1,71	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/1992 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/08/1992 09:00	2,7	0,22	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/1992 09:00	36,9	3,01	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/1992 09:00	73,8	6,02	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/11/1992 09:00	12,3	1,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/12/1992 09:00	93,6	7,64	6,3	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
01/01/1993 09:00	31,4	2,56	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/02/1993 09:00	47,6	3,88	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/03/1993 09:00	43,3	3,53	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/04/1993 09:00	75,1	6,13	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/05/1993 09:00	103,7	8,46	6,3	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16
01/06/1993 09:00	9,6	0,78	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/1993 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/08/1993 09:00	4,7	0,38	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/1993 09:00	66,9	5,46	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/1993 09:00	186	15,18	6,3	4,00	6,00	8,88	8,88	8,88	8,88
01/11/1993 09:00	127,4	10,40	6,3	4,00	6,00	12,00	12,97	12,97	12,97
01/12/1993 09:00	14,5	1,18	6,3	0,00	0,88	6,88	7,86	7,86	7,86
01/01/1994 09:00	76,7	6,26	6,3	0,00	0,84	6,84	7,82	7,82	7,82
01/02/1994 09:00	132,2	10,79	6,3	4,00	5,33	11,33	12,30	12,30	12,30
01/03/1994 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	5,03	6,00	6,00	6,00
01/04/1994 09:00	26	2,12	6,3	0,00	0,00	0,85	1,82	1,82	1,82
01/05/1994 09:00	145	11,83	6,3	4,00	5,53	6,38	7,36	7,36	7,36
01/06/1994 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,08	1,06	1,06	1,06
01/06/2001 09:00	17,8	1,45	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/2001 09:00	0,8	0,07	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/08/2001 09:00	1,4	0,11	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/2001 09:00	72,7	5,93	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/2001 09:00	164,1	13,39	6,3	4,00	6,00	7,09	7,09	7,09	7,09
01/12/2001 09:00	44,7	3,65	6,3	1,35	3,35	4,44	4,44	4,44	4,44
01/01/2002 09:00	77,3	6,31	6,3	1,36	3,36	4,45	4,45	4,45	4,45
01/02/2002 09:00	12,7	1,04	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/03/2002 09:00	89,3	7,29	6,3	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
01/04/2002 09:00	33,7	2,75	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/05/2002 09:00	12,1	0,99	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/2002 09:00	0,1	0,01	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/2002 09:00	82,3	6,72	6,3	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
01/11/2002 09:00	168,5	13,75	6,3	4,00	6,00	7,87	7,87	7,87	7,87
01/12/2002 09:00	106,8	8,71	6,3	4,00	6,00	10,28	10,28	10,28	10,28

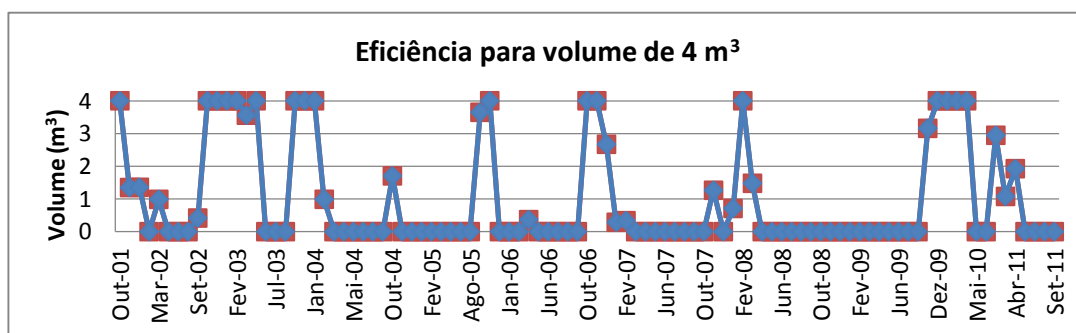
01/01/2003 09:00	106,7	8,71	6,3	4,00	6,00	12,00	12,69	12,69	12,69
01/02/2003 09:00	86,5	7,06	6,3	4,00	6,00	12,00	13,45	13,45	13,45
01/03/2003 09:00	71,8	5,86	6,3	3,56	5,56	11,56	13,00	13,00	13,00
01/04/2003 09:00	85,1	6,94	6,3	4,00	6,00	12,00	13,65	13,65	13,65
01/06/2003 09:00	5,5	0,45	6,3	0,00	0,15	6,15	7,80	7,80	7,80
01/07/2003 09:00	1,9	0,16	6,3	0,00	0,00	0,00	1,65	1,65	1,65
01/09/2003 09:00	14,1	1,15	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/2003 09:00	170,2	13,89	6,3	4,00	6,00	7,59	7,59	7,59	7,59
01/12/2003 09:00	77,9	6,36	6,3	4,00	6,00	7,64	7,64	7,64	7,64
01/01/2004 09:00	135,1	11,02	6,3	4,00	6,00	12,00	12,37	12,37	12,37
01/02/2004 09:00	40,3	3,29	6,3	0,99	2,99	8,99	9,36	9,36	9,36
01/03/2004 09:00	30,9	2,52	6,3	0,00	0,00	5,21	5,58	5,58	5,58
01/04/2004 09:00	42,9	3,50	6,3	0,00	0,00	2,41	2,78	2,78	2,78
01/05/2004 09:00	15,1	1,23	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/06/2004 09:00	0,9	0,07	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/2004 09:00	0,4	0,03	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/2004 09:00	19,6	1,60	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/2004 09:00	98,1	8,00	6,3	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
01/11/2004 09:00	23,6	1,93	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/12/2004 09:00	37,2	3,04	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/01/2005 09:00	2,3	0,19	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/02/2005 09:00	9,9	0,81	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/03/2005 09:00	26,7	2,18	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/06/2005 09:00	0,7	0,06	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/2005 09:00	3,8	0,31	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/08/2005 09:00	5,5	0,45	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/2005 09:00	121,9	9,95	6,3	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65	3,65
01/11/2005 09:00	173,6	14,17	6,3	4,00	6,00	11,51	11,51	11,51	11,51
01/12/2005 09:00	25,6	2,09	6,3	0,00	1,79	7,30	7,30	7,30	7,30
01/01/2006 09:00	51,9	4,24	6,3	0,00	0,00	5,24	5,24	5,24	5,24
01/02/2006 09:00	67,8	5,53	6,3	0,00	0,00	4,47	4,47	4,47	4,47
01/03/2006 09:00	81,7	6,67	6,3	0,37	0,37	4,84	4,84	4,84	4,84
01/04/2006 09:00	35,7	2,91	6,3	0,00	0,00	1,45	1,45	1,45	1,45
01/06/2006 09:00	26,7	2,18	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/2006 09:00	2,6	0,21	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/08/2006 09:00	5	0,41	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/2006 09:00	57,4	4,68	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/2006 09:00	163,9	13,37	6,3	4,00	6,00	7,07	7,07	7,07	7,07
01/11/2006 09:00	139,2	11,36	6,3	4,00	6,00	12,00	12,13	12,13	12,13
01/12/2006 09:00	60,9	4,97	6,3	2,67	4,67	10,67	10,80	10,80	10,80
01/01/2007 09:00	48	3,92	6,3	0,29	2,29	8,29	8,42	8,42	8,42
01/02/2007 09:00	77,8	6,35	6,3	0,33	2,33	8,33	8,47	8,47	8,47
01/03/2007 09:00	17,1	1,40	6,3	0,00	0,00	3,43	3,56	3,56	3,56
01/04/2007 09:00	26,7	2,18	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/05/2007 09:00	50,5	4,12	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/06/2007 09:00	26,2	2,14	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/2007 09:00	2,1	0,17	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/08/2007 09:00	6,6	0,54	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/2007 09:00	26,2	2,14	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/2007 09:00	12	0,98	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/11/2007 09:00	92,7	7,56	6,3	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
01/12/2007 09:00	52	4,24	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/01/2008 09:00	85,9	7,01	6,3	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
01/02/2008 09:00	182,1	14,86	6,3	4,00	6,00	9,27	9,27	9,27	9,27
01/03/2008 09:00	46,3	3,78	6,3	1,48	3,48	6,75	6,75	6,75	6,75
01/04/2008 09:00	47,7	3,89	6,3	0,00	1,07	4,34	4,34	4,34	4,34
01/05/2008 09:00	54,8	4,47	6,3	0,00	0,00	2,51	2,51	2,51	2,51
01/06/2008 09:00	1,8	0,15	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/2008 09:00	1,2	0,10	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/08/2008 09:00	1,2	0,10	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/2008 09:00	15,5	1,26	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/2008 09:00	0,2	0,02	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/11/2008 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/12/2008 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/01/2009 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/02/2009 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

01/03/2009 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/04/2009 09:00	36,8	3,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/05/2009 09:00	11,9	0,97	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/06/2009 09:00	34,6	2,82	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/07/2009 09:00	0	0,00	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/10/2009 09:00	68,5	5,59	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/11/2009 09:00	115,9	9,46	6,3	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
01/12/2009 09:00	157,3	12,84	6,3	4,00	6,00	9,69	9,69	9,69	9,69
01/02/2010 09:00	146,3	11,94	6,3	4,00	6,00	12,00	15,33	15,33	15,33
01/03/2010 09:00	162,6	13,27	6,3	4,00	6,00	12,00	17,00	22,30	22,30
01/04/2010 09:00	79,3	6,47	6,3	4,00	6,00	12,00	17,00	22,47	22,47
01/05/2010 09:00	26,3	2,15	6,3	0,00	1,85	7,85	12,85	18,32	18,32
01/06/2010 09:00	23,5	1,92	6,3	0,00	0,00	3,46	8,46	13,93	13,93
01/02/2011 09:00	113,3	9,25	6,3	2,95	2,95	6,41	11,41	16,88	16,88
01/03/2011 09:00	54,3	4,43	6,3	1,08	1,08	4,54	9,54	15,01	15,01
01/04/2011 09:00	87,6	7,15	6,3	1,92	1,92	5,39	10,39	15,86	15,86
01/05/2011 09:00	18,4	1,50	6,3	0,00	0,00	0,59	5,59	11,06	11,06
01/06/2011 09:00	0,5	0,04	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80	4,80
01/08/2011 09:00	0,5	0,04	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/09/2011 09:00	0,3	0,02	6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Número total de meses	97
Número de meses secos	61

Eficiência	37%
------------	-----



ANEXO 3 - Exemplo de Método Australiano para a Escola Secundária de Rio Maior

Volume Arbitrado (m ³)	I (mm)	Area de Captação (m ²)	Coeficiente de Escoamento	N	Nr	Eficiência (%)
350	2	8000	0,8	304	31	90%

RIO MAIOR

DATA	Precipitação mensal (mm)	Consumo Mínimo Mensal (Dt) (m ³)	Volume de água aproveitável (Qt)(m ³)	Volume do reservatório no instante t-1	Volume do reservatório no instante t
01/10/1979 09:00	253,2	165	1607,68	0	1443
01/11/1979 09:00	46,2	165	282,88	350	468
01/12/1979 09:00	46,8	165	286,72	350	472
01/01/1980 09:00	41,9	165	255,36	350	440
01/02/1980 09:00	64,2	165	398,08	350	583
01/03/1980 09:00	44,5	165	272	350	457
01/04/1980 09:00	112,0	165	704	350	889
01/05/1980 09:00	67,6	165	419,84	350	605
01/06/1980 09:00	40,0	165	243,2	350	428
01/07/1980 09:00	7,2	165	33,28	350	218
01/08/1980 09:00	25,4	165	149,76	218,28	203
01/09/1980 09:00	20,6	165	119,04	203,04	157
01/10/1980 09:00	56,4	165	348,16	157,08	340
01/11/1980 09:00	92,5	165	579,2	340,24	754
01/12/1980 09:00	26,9	165	159,36	350	344
01/01/1981 09:00	4,9	165	18,56	344,36	198
01/02/1981 09:00	44,9	165	274,56	197,92	307
01/03/1981 09:00	65,8	165	408,32	307,48	551
01/04/1981 09:00	83,6	165	522,24	350	707
01/05/1981 09:00	53,1	165	327,04	350	512
01/06/1981 09:00	4,1	165	13,44	350	198
01/07/1981 09:00	0,0	165	0	198,44	33
01/08/1981 09:00	0,0	165	0	33,44	-132
01/09/1981 09:00	25,6	165	151,04	0	-14
01/10/1981 09:00	35,1	165	211,84	0	47
01/11/1981 09:00	0,5	165	0	46,84	-118
01/12/1981 09:00	261,7	165	1662,08	0	1497
01/01/1982 09:00	76,5	165	476,8	350	662
01/02/1982 09:00	105,8	165	664,32	350	849
01/03/1982 09:00	30,7	165	183,68	350	369
01/04/1982 09:00	46,9	165	287,36	350	472
01/05/1982 09:00	8,4	165	40,96	350	226
01/06/1982 09:00	16,0	165	89,6	225,96	151
01/07/1982 09:00	9,5	165	48	150,56	34
01/08/1982 09:00	12,0	165	64	33,56	-67
01/09/1982 09:00	47,0	165	288	0	123
01/10/1982 09:00	36,3	165	219,52	123	178
01/11/1982 09:00	125,0	165	787,2	177,52	800
01/12/1982 09:00	55,8	165	344,32	350	529
01/01/1983 09:00	5,2	165	20,48	350	205
01/02/1983 09:00	48,0	165	294,4	205,48	335
01/03/1983 09:00	4,7	165	17,28	334,88	187
01/04/1983 09:00	109,2	165	686,08	187,16	708
01/05/1983 09:00	67,6	165	419,84	350	605
01/06/1983 09:00	22,5	165	131,2	350	316
01/07/1983 09:00	9,5	165	48	316,2	199
01/08/1983 09:00	47,0	165	288	199,2	322
01/09/1983 09:00	2,5	165	3,2	322,2	160
01/10/1983 09:00	58,6	165	362,24	160,4	358
01/11/1983 09:00	271,9	165	1727,36	350	1912
01/12/1983 09:00	123,2	165	775,68	350	961
01/01/1984 09:00	71,5	165	444,8	350	630
01/02/1984 09:00	29,7	165	177,28	350	362
01/03/1984 09:00	141,3	165	891,52	350	1077

01/04/1984 09:00	74,6	165	464,64	350	650
01/05/1984 09:00	89,1	165	557,44	350	742
01/06/1984 09:00	40,0	165	243,2	350	428
01/07/1984 09:00	5,6	165	23,04	350	208
01/08/1984 09:00	3,0	165	6,4	208,04	49
01/09/1984 09:00	6,7	165	30,08	49,44	-85
01/10/1984 09:00	63,5	165	393,6	0	229
01/11/1984 09:00	180,1	165	1139,84	228,6	1203
01/12/1984 09:00	87,8	165	549,12	350	734
01/01/1985 09:00	167,2	165	1057,28	350	1242
01/02/1985 09:00	152,8	165	965,12	350	1150
01/03/1985 09:00	55,5	165	342,4	350	527
01/04/1985 09:00	116,0	165	729,6	350	915
01/05/1985 09:00	65,8	165	408,32	350	593
01/06/1985 09:00	10,0	165	51,2	350	236
01/07/1985 09:00	2,9	165	5,76	236,2	77
01/08/1985 09:00	0,0	165	0	76,96	-88
01/09/1985 09:00	0,4	165	0	0	-165
01/10/1985 09:00	4,5	165	16	0	-149
01/11/1985 09:00	168,2	165	1063,68	0	899
01/12/1985 09:00	109,9	165	690,56	350	876
01/01/1986 09:00	116,2	165	730,88	350	916
01/02/1986 09:00	175,0	165	1107,2	350	1292
01/03/1986 09:00	20,7	165	119,68	350	305
01/04/1986 09:00	67,9	165	421,76	304,68	561
01/05/1986 09:00	16,0	165	89,6	350	275
01/06/1986 09:00	12,3	165	65,92	274,6	176
01/07/1986 09:00	0,0	165	0	175,52	11
01/08/1986 09:00	1,2	165	0	10,52	-154
01/09/1986 09:00	74,1	165	461,44	0	296
01/10/1986 09:00	62,1	165	384,64	296,44	516
01/11/1986 09:00	100,7	165	631,68	350	817
01/12/1986 09:00	63,9	165	396,16	350	581
01/01/1987 09:00	140,5	165	886,4	350	1071
01/02/1987 09:00	159,6	165	1008,64	350	1194
01/03/1987 09:00	45,9	165	280,96	350	466
01/04/1987 09:00	72,4	165	450,56	350	636
01/05/1987 09:00	0,3	165	0	350	185
01/06/1987 09:00	11,7	165	62,08	185	82
01/07/1987 09:00	5,0	165	19,2	82,08	-64
01/08/1987 09:00	14,5	165	80	0	-85
01/09/1987 09:00	54,1	165	333,44	0	168
01/10/1987 09:00	144,0	165	908,8	168,44	912
01/11/1987 09:00	74,6	165	464,64	350	650
01/12/1987 09:00	168,5	165	1065,6	350	1251
01/01/1988 09:00	149,5	165	944	350	1129
01/02/1988 09:00	105,3	165	661,12	350	846
01/03/1988 09:00	2,5	165	3,2	350	188
01/04/1988 09:00	73,0	165	454,4	188,2	478
01/05/1988 09:00	125,7	165	791,68	350	977
01/06/1988 09:00	108,7	165	682,88	350	868
01/07/1988 09:00	37,0	165	224	350	409
01/08/1988 09:00	0,0	165	0	350	185
01/09/1988 09:00	4,0	165	12,8	185	33
01/10/1988 09:00	116,2	165	730,88	32,8	599
01/11/1988 09:00	134,4	165	847,36	350	1032
01/12/1988 09:00	20,8	165	120,32	350	305
01/01/1989 09:00	57,0	165	352	305,32	492
01/02/1989 09:00	84,7	165	529,28	350	714
01/03/1989 09:00	67,7	165	420,48	350	605
01/04/1989 09:00	84,5	165	528	350	713
01/05/1989 09:00	105,1	165	659,84	350	845
01/06/1989 09:00	0,0	165	0	350	185

01/07/1989 09:00	0,0	165	0	185	20
01/08/1989 09:00	0,0	165	0	20	-145
01/09/1989 09:00	9,0	165	44,8	0	-120
01/10/1989 09:00	159,0	165	1004,8	0	840
01/11/1989 09:00	201,5	165	1276,8	350	1462
01/12/1989 09:00	400,0	165	2547,2	350	2732
01/01/1990 09:00	97,1	165	608,64	350	794
01/02/1990 09:00	36,0	165	217,6	350	403
01/03/1990 09:00	34,5	165	208	350	393
01/04/1990 09:00	100,1	165	627,84	350	813
01/05/1990 09:00	16,0	165	89,6	350	275
01/06/1990 09:00	1,2	165	0	274,6	110
01/07/1990 09:00	12,0	165	64	109,6	9
01/08/1990 09:00	6,8	165	30,72	8,6	-126
01/09/1990 09:00	23,6	165	138,24	0	-27
01/10/1990 09:00	210,7	165	1335,68	0	1171
01/11/1990 09:00	111,0	165	697,6	350	883
01/12/1990 09:00	67,7	165	420,48	350	605
01/01/1991 09:00	59,1	165	365,44	350	550
01/02/1991 09:00	142,4	165	898,56	350	1084
01/03/1991 09:00	165,9	165	1048,96	350	1234
01/04/1991 09:00	24,1	165	141,44	350	326
01/05/1991 09:00	0,0	165	0	326,44	161
01/06/1991 09:00	2,0	165	0	161,44	-4
01/07/1991 09:00	1,0	165	0	0	-165
01/08/1991 09:00	15,5	165	86,4	0	-79
01/09/1991 09:00	48,9	165	300,16	0	135
01/10/1991 09:00	63,0	165	390,4	135,16	361
01/11/1991 09:00	70,2	165	436,48	350	621
01/12/1991 09:00	53,6	165	330,24	350	515
01/01/1992 09:00	53,2	165	327,68	350	513
01/02/1992 09:00	25,5	165	150,4	350	335
01/03/1992 09:00	16,9	165	95,36	335,4	266
01/04/1992 09:00	75,5	165	470,4	265,76	571
01/05/1992 09:00	37,2	165	225,28	350	410
01/06/1992 09:00	32,7	165	196,48	350	381
01/07/1992 09:00	1,5	165	0	350	185
01/08/1992 09:00	13,0	165	70,4	185	90
01/09/1992 09:00	42,6	165	259,84	90,4	185
01/10/1992 09:00	75,5	165	470,4	185,24	491
01/11/1992 09:00	17,7	165	100,48	350	285
01/12/1992 09:00	85,2	165	532,48	285,48	653
01/01/1993 09:00	41,8	165	254,72	350	440
01/02/1993 09:00	36,1	165	218,24	350	403
01/03/1993 09:00	42,7	165	260,48	350	445
01/04/1993 09:00	86,3	165	539,52	350	725
01/05/1993 09:00	102,9	165	645,76	350	831
01/06/1993 09:00	34,4	165	207,36	350	392
01/07/1993 09:00	0,0	165	0	350	185
01/08/1993 09:00	12,5	165	67,2	185	87
01/09/1993 09:00	95,3	165	597,12	87,2	519
01/10/1993 09:00	211,5	165	1340,8	350	1526
01/11/1993 09:00	137,2	165	865,28	350	1050
01/12/1993 09:00	20,2	165	116,48	350	301
01/01/1994 09:00	102,8	165	645,12	301,48	782
01/02/1994 09:00	153,9	165	972,16	350	1157
01/03/1994 09:00	14,0	165	76,8	350	262
01/04/1994 09:00	47,1	165	288,64	261,8	385
01/05/1994 09:00	119,6	165	752,64	350	938
01/06/1994 09:00	0,5	165	0	350	185
01/07/1994 09:00	1,9	165	0	185	20
01/08/1994 09:00	1,2	165	0	20	-145
01/09/1994 09:00	6,5	165	28,8	0	-136

01/10/1994 09:00	61,3	165	379,52	0	215
01/11/1994 09:00	96,6	165	605,44	214,52	655
01/12/1994 09:00	14,7	165	81,28	350	266
01/01/1995 09:00	72,4	165	450,56	266,28	552
01/02/1995 09:00	62,9	165	389,76	350	575
01/03/1995 09:00	43,7	165	266,88	350	452
01/04/1995 09:00	46,0	165	281,6	350	467
01/05/1995 09:00	6,9	165	31,36	350	216
01/06/1995 09:00	0,0	165	0	216,36	51
01/07/1995 09:00	1,0	165	0	51,36	-114
01/08/1995 09:00	0,0	165	0	0	-165
01/09/1995 09:00	47,5	165	291,2	0	126
01/10/1995 09:00	48,7	165	298,88	126,2	260
01/11/1995 09:00	218,5	165	1385,6	260,08	1481
01/12/1995 09:00	160,6	165	1015,04	350	1200
01/01/1996 09:00	336,0	165	2137,6	350	2323
01/02/1996 09:00	122,4	165	770,56	350	956
01/03/1996 09:00	74,2	165	462,08	350	647
01/04/1996 09:00	19,6	165	112,64	350	298
01/05/1996 09:00	157,4	165	994,56	297,64	1127
01/06/1996 09:00	0,0	165	0	350	185
01/07/1996 09:00	4,7	165	17,28	185	37
01/08/1996 09:00	1,2	165	0	37,28	-128
01/09/1996 09:00	57,7	165	356,48	0	191
01/10/1996 09:00	43,4	165	264,96	191,48	291
01/11/1996 09:00	59,7	165	369,28	291,44	496
01/12/1996 09:00	294,9	165	1874,56	350	2060
01/01/1997 09:00	179,7	165	1137,28	350	1322
01/02/1997 09:00	8,5	165	41,6	350	227
01/03/1997 09:00	0,0	165	0	226,6	62
01/04/1997 09:00	32,8	165	197,12	61,6	94
01/05/1997 09:00	82,7	165	516,48	93,72	445
01/06/1997 09:00	74,7	165	465,28	350	650
01/07/1997 09:00	53,5	165	329,6	350	515
01/08/1997 09:00	13,4	165	72,96	350	258
01/09/1997 09:00	0,0	165	0	257,96	93
01/10/1997 09:00	145,3	165	917,12	92,96	845
01/11/1997 09:00	360,5	165	2294,4	350	2479
01/12/1997 09:00	193,6	165	1226,24	350	1411
01/01/1998 09:00	95,8	165	600,32	350	785
01/02/1998 09:00	80,6	165	503,04	350	688
01/03/1998 09:00	40,7	165	247,68	350	433
01/04/1998 09:00	99,7	165	625,28	350	810
01/05/1998 09:00	84,9	165	530,56	350	716
01/06/1998 09:00	57,0	165	352	350	537
01/07/1998 09:00	1,2	165	0	350	185
01/08/1998 09:00	0,0	165	0	185	20
01/09/1998 09:00	32,1	165	192,64	20	48
01/10/1998 09:00	22,8	165	133,12	47,64	16
01/11/1998 09:00	60,2	165	372,48	15,76	223
01/12/1998 09:00	58,7	165	362,88	223,24	421
01/01/1999 09:00	123,4	165	776,96	350	962
01/02/1999 09:00	14,4	165	79,36	350	264
01/03/1999 09:00	146,5	165	924,8	264,36	1024
01/04/1999 09:00	45,5	165	278,4	350	463
01/05/1999 09:00	67,0	165	416	350	601
01/06/1999 09:00	0,0	165	0	350	185
01/07/1999 09:00	0,0	165	0	185	20
01/08/1999 09:00	24,0	165	140,8	20	-4
01/09/1999 09:00	100,1	165	627,84	0	463
01/10/1999 09:00	197,9	165	1253,76	350	1439
01/11/1999 09:00	28,2	165	167,68	350	353
01/12/1999 09:00	60,4	165	373,76	350	559

01/01/2000 09:00	20,4	165	117,76	350	303
01/02/2000 09:00	16,8	165	94,72	302,76	232
01/03/2000 09:00	31,6	165	189,44	232,48	257
01/04/2000 09:00	232,8	165	1477,12	256,92	1569
01/05/2000 09:00	96,8	165	606,72	350	792
01/06/2000 09:00	4,2	165	14,08	350	199
01/07/2000 09:00	19,7	165	113,28	199,08	147
01/08/2000 09:00	1,5	165	0	147,36	-18
01/09/2000 09:00	21,1	165	122,24	0	-43
01/10/2000 09:00	53,9	165	332,16	0	167
01/11/2000 09:00	142,9	165	901,76	167,16	904
01/12/2000 09:00	387,5	165	2467,2	350	2652
01/01/2001 09:00	249,7	165	1585,28	350	1770
01/02/2001 09:00	102,0	165	640	350	825
01/03/2001 09:00	149,9	165	946,56	350	1132
01/04/2001 09:00	19,6	165	112,64	350	298
01/05/2001 09:00	55,3	165	341,12	297,64	474
01/06/2001 09:00	9,2	165	46,08	350	231
01/07/2001 09:00	6,5	165	28,8	231,08	95
01/08/2001 09:00	1,2	165	0	94,88	-70
01/09/2001 09:00	30,2	165	180,48	0	15
01/10/2001 09:00	171,1	165	1082,24	15,48	933
01/11/2001 09:00	17,6	165	99,84	350	285
01/12/2001 09:00	8,3	165	40,32	284,84	160
01/01/2002 09:00	85,4	165	533,76	160,16	529
01/02/2002 09:00	19,4	165	111,36	350	296
01/03/2002 09:00	96,5	165	604,8	296,36	736
01/04/2002 09:00	39,9	165	242,56	350	428
01/05/2002 09:00	19,8	165	113,92	350	299
01/06/2002 09:00	11,0	165	57,6	298,92	192
01/07/2002 09:00	0,9	165	0	191,52	27
01/08/2002 09:00	1,0	165	0	26,52	-138
01/09/2002 09:00	123,7	165	778,88	0	614
01/10/2002 09:00	89,1	165	557,44	350	742
01/11/2002 09:00	118,7	165	746,88	350	932
01/12/2002 09:00	103,0	165	646,4	350	831
01/01/2003 09:00	96,8	165	606,72	350	792
01/02/2003 09:00	60,0	165	371,2	350	556
01/03/2003 09:00	46,1	165	282,24	350	467
01/04/2003 09:00	66,0	165	409,6	350	595
01/05/2003 09:00	3,0	165	6,4	350	191
01/06/2003 09:00	7,2	165	33,28	191,4	60
01/07/2003 09:00	6,1	165	26,24	59,68	-79
01/08/2003 09:00	7,9	165	37,76	0	-127
01/09/2003 09:00	65,7	165	407,68	0	243
01/10/2003 09:00	99,8	165	625,92	242,68	704
01/11/2003 09:00	86,7	165	542,08	350	727
01/12/2003 09:00	68,2	165	423,68	350	609
01/01/2004 09:00	51,0	165	313,6	350	499
01/02/2004 09:00	41,1	165	250,24	350	435
01/03/2004 09:00	19,9	165	114,56	350	300
01/04/2004 09:00	25,7	165	151,68	299,56	286
01/05/2004 09:00	17,0	165	96	286,24	217
01/06/2004 09:00	1,9	165	0	217,24	52
01/09/2004 09:00	35,4	165	213,76	52,24	101
01/10/2004 09:00	141,1	165	890,24	101	826
01/01/2005 09:00	3,3	165	8,32	350	193
01/02/2005 09:00	12,4	165	66,56	193,32	95
01/03/2005 09:00	44,8	165	273,92	94,88	204
01/04/2005 09:00	20,1	165	115,84	203,8	155
01/07/2005 09:00	13,1	165	71,04	154,64	61

ANEXO 4 - Preços mensais e anuais da rede de abastecimento para a habitação unifamiliar

Habitação Unifamiliar - Sem medidas de poupança	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão		Total Mensal	Total Anual
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	10	17,29 €	55,62 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	9,5	22,92 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		24,5	43,82 €	52,47 €	667,40 €
Habitação Unifamiliar - Dispositivos eficientes	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão		Total Mensal	Total Anual
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	5,9	10,20 €	20,78 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	0	0,00 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		10,9	13,81 €	19,60 €	249,31 €
Habitação Unifamiliar - SAAP dispositivos convencionais	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão		Total Mensal	Total Anual
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	8,4	14,52 €	25,91 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	0	0,00 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		13,4	18,13 €	24,45 €	310,97 €
Habitação Unifamiliar - SAAP dispositivos eficientes	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão		Total Mensal	Total Anual
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	4,5	3,25 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	0	0,00 €	8,16 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	0	0,00 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		4,5	3,25 €	7,69 €	97,87 €
Habitação Unifamiliar - SPRAC disp. convencionais	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão		Total Mensal	Total Anual
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	10	17,29 €	33,93 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	1,7	4,10 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		16,7	25,00 €	32,01 €	407,16 €
Habitação Unifamiliar - SPRAC disp. eficientes	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão		Total Mensal	Total Anual
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	1,3	2,25 €	11,32 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	0	0,00 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		6,3	5,86 €	10,68 €	135,86 €

ANEXO 5 - Preços mensais e anuais da água da rede de abastecimento para a habitação multifamiliar

Habitação Multifamiliar - Sem medidas de poupança	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos	Total por escalão		Total Mensal	Total Anual	Total Anual Edifício
	Escalão Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%		
	1º Escalão: 1 – 5 m ³ 0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA		
	2º Escalão: 6 – 15 m ³ 0,91 €	10	17,29 €	48,94 €		
	3º Escalão: 16 – 25 m ³ 1,27 €	7,1	17,13 €	Total S/IVA		
	4º Escalão:> 25 m ³ 1,78 €	-	-			
	TOTAL	22,1	38,03 €	46,17 €	587,32 €	3.523,95 €
Habitação Multifamiliar - Dispositivos eficientes	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos	Total por escalão		Total Mensal	Total Anual	Total Anual Edifício
	Escalão Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%		
	1º Escalão: 1 – 5 m ³ 0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA		
	2º Escalão: 6 – 15 m ³ 0,91 €	3,5	6,05 €	15,84 €		
	3º Escalão: 16 – 25 m ³ 1,27 €	0	0,00 €	Total S/IVA		
	4º Escalão:> 25 m ³ 1,78 €	-	-			
	TOTAL	8,5	9,66 €	14,95 €	190,12 €	1.140,72 €
Habitação Multifamiliar - SAAP dispositivos convencionais	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos	Total por escalão		Total Mensal	Total Anual	Total Anual Edifício
	Escalão Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%		
	1º Escalão: 1 – 5 m ³ 0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA		
	2º Escalão: 6 – 15 m ³ 0,91 €	8,4	14,52 €	25,91 €		
	3º Escalão: 16 – 25 m ³ 1,27 €	0	0,00 €	Total S/IVA		
	4º Escalão:> 25 m ³ 1,78 €	-	-			
	TOTAL	13,4	18,13 €	24,45 €	310,97 €	1.865,84 €
Habitação Multifamiliar - SAAP dispositivos eficientes	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos	Total por escalão		Total Mensal	Total Anual	Total Anual Edifício
	Escalão Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%		
	1º Escalão: 1 – 5 m ³ 0,38 €	4,5	3,25 €	Total C/IVA		
	2º Escalão: 6 – 15 m ³ 0,91 €	0	0,00 €	8,16 €		
	3º Escalão: 16 – 25 m ³ 1,27 €	0	0,00 €	Total S/IVA		
	4º Escalão:> 25 m ³ 1,78 €	-	-			
	TOTAL	4,5	3,25 €	7,69 €	97,87 €	587,21 €

ANEXO 5 - Preços mensais e anuais da água da rede de abastecimento para a habitação multifamiliar

Habitação Multifamiliar - SAAP autoclismos convencionais	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão	Total Mensal	Total Anual	Total Anual Edifício
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	10	17,29 €	33,93 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	1,7	4,10 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		16,7	25,00 €	32,01 €	407,16 €
Habitação Multifamiliar - SAAP autoclismos eficientes	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão	Total Mensal	Total Anual	Total Anual Edifício
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	1,3	2,25 €	11,32 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	0	0,00 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		6,3	5,86 €	10,68 €	135,86 €
Habitação Multifamiliar - SPRAC disp. convencionais	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão	Total Mensal	Total Anual	Total Anual Edifício
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	10	17,29 €	33,93 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	1,7	4,10 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		16,7	25,00 €	32,01 €	407,16 €
Habitação Multifamiliar - SPRAC disp. eficientes	Concelho de Almada Utilizadores Domésticos		Total por escalão	Total Mensal	Total Anual	Total Anual Edifício
	Escalão	Valor (€)	uni	Preço	IVA 6%	
	1º Escalão: 1 – 5 m ³	0,38 €	5	3,61 €	Total C/IVA	
	2º Escalão: 6 – 15 m ³	0,91 €	1,3	2,25 €	11,32 €	
	3º Escalão: 16 – 25 m ³	1,27 €	0	0,00 €	Total S/IVA	
	4º Escalão:> 25 m ³	1,78 €	-	-		
	TOTAL		6,3	5,86 €	10,68 €	135,86 €

ANEXO 6 - Análise Económica para um SAAP com reservatório de 5m³ e dispositivos convencionais, para a habitação unifamiliar (4 habitantes)

I ₀ (€)	V _{anual} (m ³)	c (€)	M (€)	t _{desv} (%)	t _{inf} (%)	t _{juro} (%)	t _{juro} (%)	B
7812,7	121	1,93 €	15	2%	2,9%	3%	3,75%	218,31 €

1. Aplicando o dinheiro no banco:

$$I_0 \times (1 + t_{juro})^n$$

Benefício anual (B):

$$B = c \times V_{anual} - M$$

2. Investindo no SAAP/SPRAC/misto:

2.1. O valor residual do SAAP/SPRAC: $I_0 \times (1 - t_{desv} \times n) \times (1 + t_{inf})^n$

2.2. O benefício anual: $\sum_{x=0}^{n-1} [B \times (1 + t_{juro})^x \times (1 + t_{inf})^{n-x-1}]$

Para n=1 e tjuro=3%:	
1.	8.047,08 €
2.1	7.878,48 €
2.2	218,31 €
2.	8.096,79 €
Saldo	2.-1.
49,71 €	

Para n=1 e tjuro=3,75%:	
1.	8.105,68 €
2.1	7.878,48 €
2.2	218,31 €
2.	8.096,79 €
Saldo	2.-1.
- 8,89 €	

Para n=2 e tjuro=3%:	
1.	8.288,49 €
2.1	7.941,51 €
2.2	449,49 €
2.	8.391,01 €
Saldo	2.-1.
102,51 €	

Para n=2 e tjuro=3,75%:	
1.	8.409,64 €
2.1	7.941,51 €
2.2	451,13 €
2.	8.392,64 €
Saldo	2.-1.
- 17,00 €	

Para n=3 e tjuro=3%:	
1.	8.537,15 €
2.1	8.001,57 €
2.2	694,13 €
2.	8.695,70 €
Saldo	2.-1.
158,55 €	

Para n=3 e tjuro=3,75%:	
1.	8.725,00 €
2.1	8.001,57 €
2.2	699,20 €
2.	8.700,77 €
Saldo	2.-1.
- 24,23 €	

Para n=4 e tjuro=3%:	
1.	8.793,26 €
2.1	8.058,43 €
2.2	952,81 €
2.	9.011,24 €
Saldo	2.-1.
217,98 €	

Para n=4 e tjuro=3,75%:	
1.	9.052,19 €
2.1	8.058,43 €
2.2	963,28 €
2.	9.021,71 €
Saldo	2.-1.
- 30,48 €	

ANEXO 6 - Análise Económica para um SAAP com reservatório de 5m³ e dispositivos convencionais, para a habitação unifamiliar (4 habitantes)

Para n=5 e t _{juro} =3%:	
1.	9.057,06 €
2.1	8.111,86 €
2.2	1.226,15 €
2.	9.338,01 €
Saldo	2.-1.
280,95 €	

Para n=20 e t _{juro} =3%:	
1.	14.110,61 €
2.1	8.303,48 €
2.2	7.585,86 €
2.	15.889,33 €
Saldo	2.-1.
1.778,73 €	

Ano	Saldo, t _{juro} 3%
1	49,71 €
2	102,51 €
3	158,55 €
4	217,98 €
5	280,95 €
20	1.778,73 €

Para n=5 e t _{juro} =3,75%:	
1.	9.391,65 €
2.1	8.111,86 €
2.2	1.244,15 €
2.	9.356,02 €
Saldo	2.-1.
- 35,63 €	

Para n=20 e t _{juro} =3,75%:	
1.	16.314,11 €
2.1	8.303,48 €
2.2	8.136,16 €
2.	16.439,64 €
Saldo	2.-1.
125,53 €	

Ano	Saldo, t _{juro} 3,75%
1	- 8,89 €
2	- 17,00 €
3	- 24,23 €
4	- 30,48 €
5	- 35,63 €
20	125,53 €

